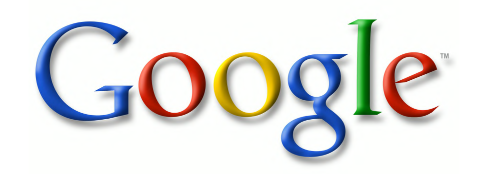
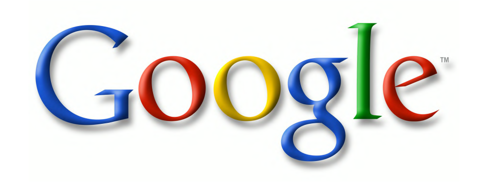
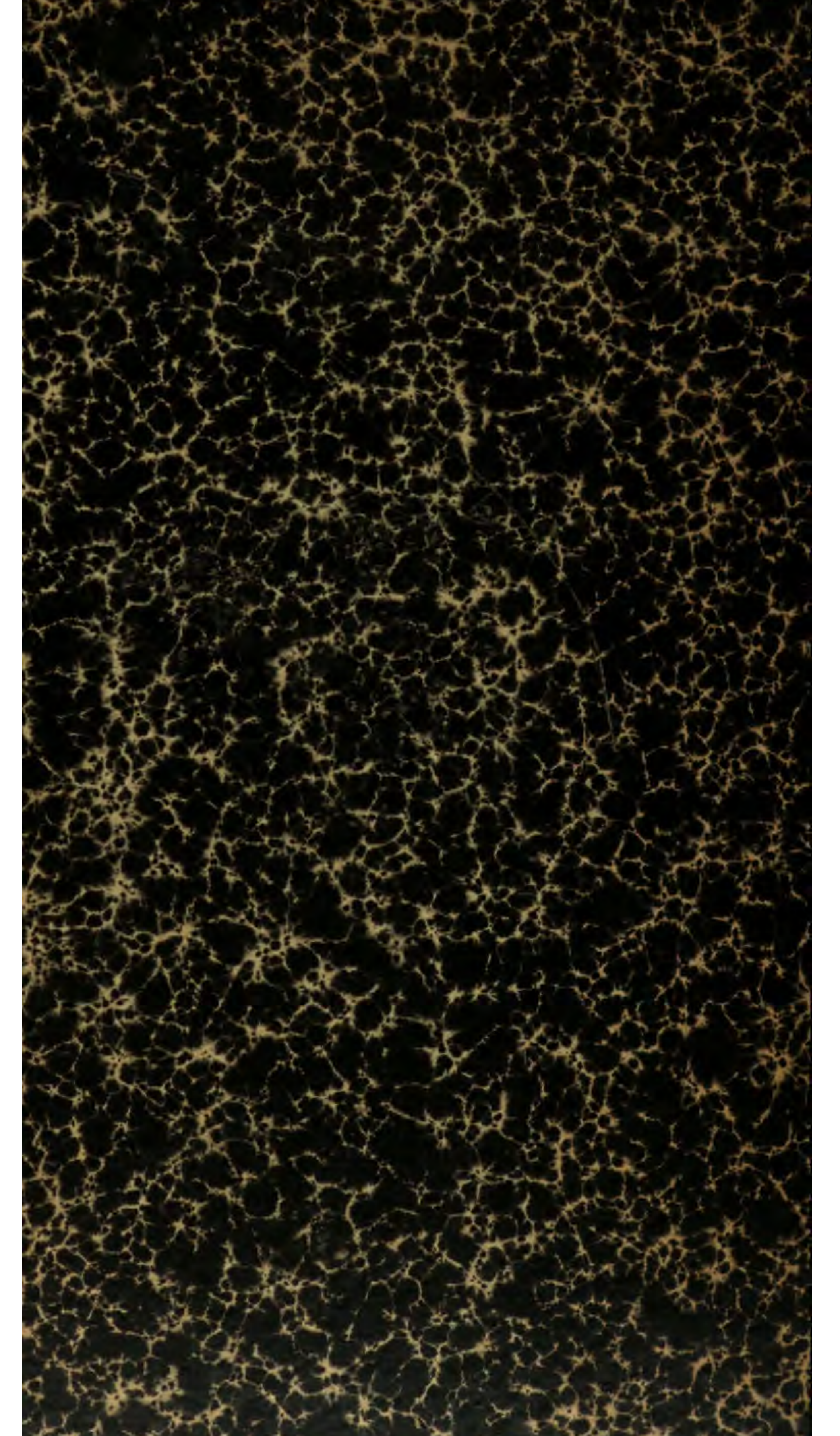






ACADÉMIE

DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS DE LYON

MÉMOIRES

DE LA CLASSE DES SCIENCES

31

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE

DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS

DE LYON

CLASSE DES SCIENCES

VOLUME TRENTE ET UNIÈME



PARIS
J.-B. BAILLIÈRE, libraire, rue Hautefeuille
LYON
CH. PALUD, libraire, rue de la Bourse

1892

ACADÉMIE

DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS

DE LYON

État de l'Académie au 1er janvier 1892.

MEMBRES ASSOCIÉS.

MM. JAYR, ancien préfet du Rhône, à Ceyzériat (Ain) (1842).
BONNASSIEUX, de l'Institut, à Paris (1869).
Le Commandeur DE ROSSI, à Rome (1876).
PASTEUR, de l'Institut, à Paris (1877).
BERTRAND (Joseph), de l'Institut, à Paris (1883).
COPPÉE (François), de l'Institut, à Paris (1885).
PERRAUD (Ad.), de l'Institut, évêque d'Autun (1885).
CORNU (A.), de l'Institut, à Paris (1889).

BUREAU POUR L'ANNÉE 1892.

	Classe des Sciences.	Belles-Lettres et Arts.
Présidents	MM. H. SICARD,	DE CHARPIN-FEUGEROLLES.
Secrétaires généraux.	J. BONNEL,	VACHEZ.
Secrétaires adjoints .	ALLÉGRET,	E. GUIMET.
Trésorier.	J. PERRIN.	
Archiviste	SAINT-LAGER.	

CLASSE DES SCIENCES.

1° MEMBRES TITULAIRES ÉMÉRITES.

MM. MICHEL (Jules) (1878), ingénieur en chef des chemins de fer P.-L.-M., rue de Madame, 77, à Paris.
FALSAN (1884), à Saint-Cyr-au-Mont-d'Or (Rhône).
DELOCRE (1886), rue Lavoisier, 1, à Paris.
LOIR (1886), rue Vauquelin, 5, à Paris.
BOUCHACOURT (1886), rue Sala, 26, à Lyon.
AYNARD (Théodore) (1887), quai Saint-Clair, 11, à Lyon.
CHAUVEAU (1887), membre de l'Institut, à Paris.

2° MEMBRES TITULAIRES.

SECTION 1re.

Mathématiques, Mécanique et Astronomie, Physique et Chimie.

(Neuf Membres.)

MM. GLÉNARD (1857), avenue de Noailles, 47.
LAFON (1873), rue du Juge-de-Paix, 5.
J. BONNEL (1874), montée Saint-Laurent, 14.
Ch. ANDRÉ (1878), à l'Observatoire de Saint-Genis-Laval.
ALLÉGRET (1879), quai des Brotteaux, 11.
VALSON (1882), rue Vaubecour, 14.
LEGER (1886), rue Boissac, 9.
GOBIN (1887), place Saint-Jean, 8.
DE SPARRE (1890), rue du Plat, 25.

SECTION IIᵉ.

Sciences naturelles, Zoologie, Botanique, Minéralogie et Géologie, Économie rurale.

(Neuf Membres.)

MM. A. JORDAN (1850), rue de l'Arbre-Sec, 40.
BERTHAUD (1873), à Saint-Cyr-au-Mont-d'Or.
LORTET (1876), quai de la Guillotière, 1.
CHANTRE (1879), cours Morand, 37.
LOCARD (1879), quai de la Charité, 38.
SAINT-LAGER (1881), cours Gambetta, 8.
DELORE (1884), place Bellecour, 31.
ARLOING (1886), à l'École vétérinaire.
H. SICARD (1887), place des Hospices, 2.

SECTION IIIᵉ.

Sciences médicales.

(Six Membres.)

MM. DESGRANGES (1864), place de la République, 55.
BERNE (1869), rue Saint-Joseph, 14.
OLLIER (1876), quai de la Charité, 3.
ROLLET (1876), rue Saint-Pierre, 41.
H. MOLLIÈRE (1887), rue de la République, 64.
J. TEISSIER (1889), place Bellecour, 8.

3° MEMBRES CORRESPONDANTS.

MM. CARA, directeur du Musée d'histoire naturelle, à Cagliari (1843).
BRESSON, à Paris (1844).

MM. SCHIOEDTE, conservateur du Musée d'histoire naturelle, à Copenhague (1849).

LARREY, membre de l'Académie de médecine, à Paris (1852).

DOHRN, président de la Société entomologique, à Stettin (1852).

A. DE CANDOLLE, à Genève (1856).

JORDAN (Alexandre), ingénieur en chef en retraite, à Paris (1856).

RONDOT (Nat.), à Chamblon, près Yverdon (Suisse) (1859).

DARESTE (Camille), à Paris (1859).

DAMOUR, membre de la Société géologique, à Paris (1860).

NOGUÈS, profess[r] à l'Université de Santiago (Chili) (1862).

SERPIERI, à Urbino (1866).

QUESNOY, médecin-principal en chef, à Versailles (1867).

FRENET, à Périgueux (1867).

ARCELIN, à Saint-Sorlin (1871).

MACARIO, médecin, à Nice (1872).

COLLET, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble (1878).

MAX SIMON, médecin-inspecteur des asiles d'aliénés du Rhône, place Saint-Jean, 7, à Lyon (1880).

DUCLAUX, professeur à la Sorbonne, à Paris (1882).

DE TRIBOLLET, à Neuchâtel (Suisse) (1882).

GUBIAN, inspecteur des Eaux thermales à Lamotte-les-Bains (1883).

JACQUART (l'abbé), à Coublevie (Isère) (1889).

GALLON, sous-directeur des constructions navales, à Cherbourg (1889).

DUFRESNE, docteur-médecin, rue des Granges, 5, à Genève (1890).

BOUILLET, docteur-médecin, à Béziers (1891).

CLASSE DES BELLES-LETTRES ET ARTS.

1° MEMBRES TITULAIRES ÉMÉRITES.

MM. Bouillier (1864), membre de l'Institut, à Paris.
Onofrio (1875), rue Vaubecour, 8, à Lyon.
De Gaillard (Léopold) (1876), à Paris.
De Lagrevol (1878), à Paris.
Allmer (1882), quai Claude-Bernard, 47, à Lyon.
Hignard (1885), villa Hignard de Laval, à Cannes.
Danguin (1888), à Paris.
Ferraz (1889), rue Miromesnil, à Paris.
Guinand (1890), rue Henri IV, 11, à Lyon.
E. Guimet (1891), directeur du musée Guimet, à Paris.
Clair Tisseur (1891), à Nyons (Drôme).
Valantin (1891), place Carnot, 15, à Lyon.

2° MEMBRES TITULAIRES.

SECTION 1re.

Littérature, Éloquence, Poésie, Philologie.

(Sept Membres.)

MM. L. Roux (1875), place Bellecour, 2.
R. de Cazenove (1883), rue Sala, 8.
H. Beaune (1884), cours du Midi, 21.
A. Bleton (1888), quai de l'Archevêché, 13.
N.....
N.....
N.....

SECTION IIe.

Histoire et antiquités.

(Six Membres.)

MM. H. Morin-Pons (1861), rue de la République, 12.
Pariset (1873), place Bellecour, 6.
Vachez (1883), rue de la Charité, 24.
De Charpin-Feugerolles (1887), rue de la République, 62.
L. Clédat (1889), rue Saint-Maurice, 30.
U. Chevalier (1890), rue Sala, 25.

SECTION IIIe.

Philosophie, Morale, Jurisprudence, Économie politique.

(Neuf Membres.)

MM. A. Mollière (1862), rue Sala, 2.
P. Rougier (1872), rue Childebert, 1.
A. Dumont (1873), rue des Bassins, 20, à Paris.
Caillemer (1876), rue Victor-Hugo, 31.
E. Charvériat (1879), rue Gasparin, 29.
Berlioux (1881), rue Cuvier, 2.
J. Perrin (1883), rue du Plat, 24.
L. Malo (1890), rue de Jarente, 12.

SECTION IVe.

Peinture, Sculpture, Architecture, Gravure, Musique.

(Six Membres.)

MM. Bresson (1871), place de la Bourse, 2.
Neyrat (1874), rue du Plat, 10.
N. Sicard (1886), cours du Midi, 4.
Armand-Calliat (1887), montée du Gourguillon, 18.
G. André (1889), avenue de Saxe, 82.
H. Coutagne (1891), quai de l'Hôpital, 6.

3° MEMBRES CORRESPONDANTS.

MM. Bertinaria, à Turin (1851).
Mignard, à Dijon (1852).
Bacci de la Mirandole, à Modène (1857).
Regnault (A.), ancien archiviste au Conseil d'État (1858).
Le Duc (Philibert), inspecteur des forêts, à Belley (1862).
De Meaux (le vicomte) (1863).
De Flaux (1865).
Le Prince Vlangali (1865).
Negri (le commandeur Christophe), à Turin (1865).
Carra de Vaulx (1866).
Revoil, architecte, à Nîmes (1866).
De Gerando (le baron) (1869).
Baguenault de Puchesse (1876).
José da Cunha, homme de lettres, à Bombay (1877).
Robert, professeur à la Faculté des lettres de Rennes (1877).
Lucas (Charles), architecte, à Paris (1881).
Labatie (Gabriel), à Talissieu (Ain) (1881).
Rostaing (Léon), à Vidalon-les-Annonay (1883).
Widor (Charles-Marie), organiste à Saint-Sulpice, à Paris (1885).
De Costa de Beauregard (Marquis), à Chambéry (1885).
De Salverte, maître des requêtes au Conseil d'État, à Paris (1889).
Jules d'Arbaumont, à Dijon (1889).
Lombard de Buffières (baron Hermann), au château de Champgrenon (Saône-et-Loire) (1891).

ÉTAT AU 1ER JANVIER 1892

DES

PRIX DÉCERNÉS PAR L'ACADÉMIE

DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS

DE LYON

Prix Christin et de Ruolz. — Cette fondation date de 1756. Elle est due à Christin, secrétaire perpétuel de l'Académie, et à ses héritiers De Ruolz. Le prix Christin consiste en une ou plusieurs médailles de la valeur de 300 fr. chacune, que l'Académie décerne, à des époques indéterminées, au meilleur travail qui lui est offert sur une question choisie par elle dans les mathématiques, la physique ou les arts.

L'Académie a mis au concours, en 1891, le sujet suivant : « De la variabilité dans les microbes, au point de vue morphologique et physiologique ».

Le prix décerné sera une médaille de la valeur de 500 fr.

Les mémoires ne seront pas signés; ils porteront en tête une épigraphe et seront accompagnés d'un pli séparé et cacheté, renfermant le nom et l'adresse de l'auteur.

L'Académie se réserve le droit d'imprimer dans ses Mémoires, s'il y a lieu, le travail couronné.

Tout envoi pour ce concours doit être parvenu à l'Académie avant le 1er juillet 1892.

Prix Lebrun. — Ce prix, fondé en 1805 par le prince Lebrun, associé honoraire de l'Académie, consiste en une médaille de 300 fr. qui est destinée aux inventeurs de procédés utiles au perfectionnement des manufactures lyonnaises,

ou aux auteurs de découvertes qui intéressent l'industrie en général, et celle de la soie en particulier. Les concurrents ne sont assujettis à aucune condition d'âge, ni d'origine.

Ce prix ne sera pas distribué en 1892.

Prix Ampère. — Le prix Ampère a été fondé, en 1866, par M. et Mme Cheuvreux, légataires universels de J.-J. Ampère.

Ce prix est d'une somme annuelle de 1,800 fr. Il est décerné, tous les trois ans et pour trois années consécutives, à un jeune homme peu favorisé des dons de la fortune, né dans le département du Rhône, ayant donné des preuves d'aptitude pour les lettres, les sciences ou les beaux-arts, et il doit lui servir à perfectionner ses études ou à poursuivre le cours de ses travaux. Les candidats doivent avoir dix-sept ans au moins et vingt-trois ans au plus. En aucun cas le prix ne peut être divisé.

Le dernier titulaire du prix Ampère l'ayant obtenu à partir du 1er janvier 1890, le concours est ouvert pour l'année 1893; les candidats devront adresser leur demande, avec les titres à l'appui, au Secrétariat de l'Académie, avant le 1er juillet 1892.

Prix Dupasquier. — Ce prix, fondé en 1873 par feu Louis Dupasquier, membre titulaire de l'Académie, est accordé annuellement et à tour de rôle à un architecte, un peintre, un sculpteur, un graveur lyonnais. Cette année, le prix sera de 300 fr. et il sera décerné à la sculpture.

Les œuvres présentées au concours doivent être déclarées à l'Académie avant le 1er juillet prochain.

Les candidats ne doivent pas avoir dépassé l'âge de vingt-huit ans, sauf les architectes pour lesquels la limite est reculée à trente-cinq ans.

Prix Herpin. — La fondation de ce prix est due à la libéralité de feu le docteur Herpin, membre correspondant de l'Académie. Ce prix, qui est entré dans les attributions de l'Académie en 1878, consiste en une somme de 1,200 fr. qui

sera donnée, tous les quatre ans, aux auteurs de recherches ou de travaux scientifiques, particulièrement physico-chimiques, propres à développer ou à perfectionner l'une des branches de l'industrie lyonnaise.

Les candidats doivent être Français.

Le prochain concours pour ce prix aura lieu en 1892.

Les titres à l'appui de toute candidature au prix Herpin, pour le prochain concours, devront être adressés à l'Académie avant le 1er juillet 1892, terme de rigueur.

Fondation baron Lombard de Buffières. — Cette fondation, qui date de l'année 1882, a été créée par M. Lombard de Buffières, ancien Conseiller de préfecture, avocat à la Cour d'appel de Lyon, en vue d'honorer et perpétuer la mémoire de son père, M. le baron Jean-Jacques-Louis Lombard de Buffières, ancien député de l'Isère. Le revenu annuel doit être employé « de façon à développer dans l'enfance le respect et l'observation de ses devoirs *envers Dieu, envers soi-même et envers le prochain,* et à encourager tout ce qui pourrait tendre à faciliter et accroître ce développement ». L'Académie affectera la somme de 5,000 fr., en 1892, à des récompenses et médailles décernées AUX PATRONS ET CHEFS DE GRANDS ÉTABLISSEMENTS D'APPRENTISSAGE INDUSTRIEL OU AGRICOLE, dans les départements du Rhône et de l'Isère (arrondissements de Vienne et de la Tour-du-Pin).

Les titres et indications à l'appui de chaque candidature devront être adressés à M. le Président de l'Académie, avant le 1er juillet prochain, terme de rigueur.

Fondation Livet. — Cette fondation, instituée par M. Clément Livet, négociant à Lyon, en 1887, consistera cette année en une somme de 4,000 fr., destinée à récompenser, sous le nom de *prix de vertu,* un acte de dévoûment soutenu ou spontané, un grand service rendu à l'humanité, et cela sans préférence de sexe.

Les renseignements et indications, pour le concours de 1892, doivent être adressés à M. le Président de l'Académie, avant le 1er juillet prochain, terme de rigueur.

Fondation Chazière. — Cette fondation est due à la générosité de feu Jean Chazière, de Lyon.

L'Académie a été mise en possession de cette fondation le 6 janvier 1889; elle doit, avec les revenus de la somme léguée, décerner à son gré tous les deux ans ou tous les quatre ans au plus, des récompenses et des encouragements publics à une ou plusieurs œuvres littéraires, scientifiques, historiques. La poésie, l'archéologie, les beaux-arts, pourront également être encouragés et récompensés. Une très belle œuvre de sculpture, ou un acte exceptionnellement beau de vertu et d'héroïsme, pourra mériter le prix en entier ou en partie.

Les prochaines récompenses provenant de cette fondation seront distribuées à la fin de l'année 1892.

Prix de l'Académie. — Indépendamment des fondations qui précèdent, l'Académie choisit aussi, chaque année, un ou plusieurs sujets se rapportant aux sciences, belles-lettres ou arts, qu'elle met au concours et qu'elle annonce dans l'une de ses séances publiques de juillet ou décembre, en même temps que les règles et conditions de ce concours. La somme affectée au concours est variable. L'Académie en détermine le chiffre elle-même, d'après l'intérêt qu'elle attache à la question et suivant les ressources dont elle dispose. Le jugement est prononcé sur le rapport d'une Commission spéciale de cinq membres, renouvelée tous les ans.

L'Académie n'a pas ouvert de concours pour ce prix en 1892.

N. B. — Pour tout ce qui concerne les prix de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts, s'adresser au Secrétariat général, Lyon, place des Terreaux, Palais Saint-Pierre (Bibliothèque).

TEMPÉRATURES

A DIFFÉRENTES ALTITUDES

PAR

CH. ANDRÉ.

Les tableaux qui suivent contiennent les observations des températures extrêmes diurnes faites, de 1885 à 1890, aux stations du parc de la Tête-d'Or (175 m.), Saint-Genis-Laval (300 m.) et du Mont-Verdun (625 m.). On n'a d'ailleurs, ainsi qu'on l'avait fait pour les observations de 1880 à 1884, conservé que les températures maxima produites entre 9 heures du matin et 9 heures du soir, et les températures minima constatées entre minuit et midi de chaque jour; il peut donc arriver que certains jours soient considérés comme n'ayant pas présenté de maximum ou de minimum de température. On a inscrit en caractères ***antiques*** toutes les températures extrêmes qui n'ont point de correspondantes dans la même journée à la même station, c'est-à-dire les températures maxima auxquelles ne correspondent pas de minima dans la même journée, et inversement toutes les températures minima auxquelles dans la même journée ne correspondent pas de températures maxima. Après la suppression de ces nombres antiques, on a les journées *complètes pour une station*. C'est leur ensemble qui con-

duit aux valeurs moyennes données en bas de chaque colonne mensuelle, dans la ligne supérieure. Les nombres en caractères *italiques* sont ceux qui n'ont pas de correspondants dans les autres stations. Après leur suppression, on a les journées *complètes simultanées* pour les trois stations. Leurs moyennes sont inscrites au bas de chaque tableau dans la ligne horizontale inférieure.

Les thermomètres employés dans chacune de ces stations sont des thermomètres à maxima de Walferdin et des thermomètres à minima de Rutherford, suspendus sous un abri dit de Montsouris, que l'on doit à Ch. Sainte-Claire-Deville.

MINIMA

	DÉCEMBRE 1884			JANVIER 1885			FÉVRIER 1885		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	— 2.0	— 3.2	»	— 3.5	— 4.7	— 6.9	»	»	+ 2.4
2	— 5.1	— 6.4	»	— 4.0	— 5 1	— 7.2	+ 2.3	+ 6.0	+ 4.9
3	— 4.5	— 4.0	— 0.8	— 9.4	— 5.7	— 6.0	+ 3.3	+ 1.9	— 0.2
4	+ 5.5	+ 6.0	+ 2.7	— 8.1	— 3 9	— 1.1	— 1.2	— 0 2	+ 0.1
5	— 1.6	+ 0.4	+ 0.9	— 6.2	— 6.5	— 1.2	— 1.0	+ 2.8	+ 1.8
6	+ 0 4	+ 1.5	+ 2.5	— 3.5	— 3.4	— 1.9	+ 0.1	+ 2.3	+ 1.1
7	— 1 5	+ 1.5	+ 3.7	— 0.5	— 0.5	— 3.1	— 2.8	— 1.5	+ 0.1
8	— 3.2	— 0.8	+ 2.1	— 1 7	— 2.6	— 5.6	— 0.8	+ 1.3	+ 1.4
9	+ 7.3	+ 6.5	+ 4.1	— 8 4	— 6.6	— 7.0	— 1.2	+ 1.2	+ 1.3
10	+ 2.7	+ 2.3	— 0.7	— 5.7	— 3.1	— 6.7	0.5	+ 0.6	+ 0.5
11	— 3 5	— 2.2	+ 0.4	»	+ 1.4	— 2.6	— 1.0	+ 1.5	+ 0.1
12	+ 3.4	+ 4.9	+ 2.7	— 1.0	+ 0.1	— 1.2	+ 2 0	+ 3.5	+ 2.4
13	— 0.3	+ 1.7	+ 1.8	— 2.4	— 3.2	— 5.9	+ 3.2	+ 2.2	+ 0.0
14	— 1.5	— 3.0	+ 0.8	— 5.7	— 4.4	— 6.7	— 1.7	+ 1.9	— 0.1
15	— 2.1	+ 0.3	+ 0.9	— 8.7	— 7.5	— 9.0	— 0.3	+ 3.4	+ 2.5
16	+ 5.6	+ 4.3	+ 0.8	— 4.7	— 5 6	— 8.8	»	»	+ 4.5
17	+ 1.4	+ 2.7	+ 1.0	— 6.2	— 6.6	— 8.3	+10.5	»	+ 4.3
18	+ 1.1	— 0.1	— 2.8	— 5.0	— 4.9	— 5.0	+ 8.5	+ 8.6	+ 6.3
19	+ 2.0	— 1.9	— 3.7	— 6.4	— 6.6	— 4.9	+ 2.2	— 0.9	+ 7.5
20	+ 2.9	+ 3.3	0.0	— 4.0	— 5.1	— 7.8	»	»	+ 6.6
21	+ 1.5	»	— 2.5	— 1.9	— 3.0	— 6.1	+ 9.2	»	+ 3.1
22	0.0	— 0.5	— 2.6	— 7.0	— 3.1	— 3.3	+ 2.4	+ 1.3	»
23	+ 1.5	+ 0.3	— 2.5	— 6.4	— 2.8	— 3.1	+ 1.6	+ 2.0	»
24	+ 1.3	+ 0.3	— 2.5	— 5.5	— 4.1	— 3.1	— 1.3	+ 1.7	»
25	0.0	— 1.4	— 3.6	— 6.9	— 5.5	— 4.8	+ 6.1	+ 7.5	»
26	— 2.1	— 3.0	— 5.0	— 8.3	— 7.6	— 5.9	+ 2.0	+ 5.5	»
27	— 3.8	— 3.3	— 5.4	— 6.0	— 7.3	— 5.5	+ 1.0	+ 4.0	»
28	— 4.7	— 5.3	— 4.7	— 5.5	— 3 7	— 1.5	+ 6 1	+ 6.0	»
29	— 4.8	— 5.7	— 4.0	— 6.0	— 0.8	+ 0.8			
30	— 4.5	— 6 2	— 3.0	+ 8.0	+ 7.6	+ 4.5			
31	— 2 6	— 3.9	— 5.4	+ 7.0	+ 5.0	+ 3.4			
Moyennes	—0.69	—0.65	- 0.60	—4.39	—3.54	—3.25	+1.20	+2 90	+2.80
	—1.04	—1.13	—0.70	—4.22	—3.68	—3.31	+0.90	+1.88	+1.05

MINIMA.

	MARS 1885			AVRIL 1885			MAI 1885		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+ 3.3	+ 4.9	»	— 0.3	+ 3.1	+ 5.3	+ 7.3	+ 7.7	+ 4.6
2	+ 4.8	+ 4.3	»	+ 4.4	+ 6.4	+ 5.0	+ 6.4	+ 7.7	»
3	— 1.3	+ 0.1	»	+ 5.8	+ 6.9	+ 5.2	+ 6.4	+ 6.3	+ 4.8
4	+ 8.1	+ 7.9	+ 1.1	+ 6.2	+ 5.5	+ 1.8	+ 4.4	+ 5.9	+ 5.7
5	+ 7.6	+ 8.3	+ 6.2	+ 5.8	+ 3.5	+ 2.2	+ 6.3	+ 6.1	+ 4.2
6	+12.8	+10.7	+ 4.4	— 1.7	+ 0.5	+ 0.7	+ 4.1	+ 5.8	+ 7.8
7	+ 4.6	+ 5.4	»	— 1.3	— 1.6	+ 0.3	+ 7.4	+ 8.9	+ 7.3
8	+ 2.7	+ 4.4	+ 5.3	0.0	+ 0.4	+ 2.1	+ 6.0	+ 7.5	+ 5.7
9	+ 9.8	+ 9.4	+ 5.3	+ 4.1	+ 4.3	+ 1.5	+ 6.3	+ 6.1	+ 5.0
10	»	+ 3.7	— 2.0	+ 2.0	+ 2.8	+ 0.9	+ 3.8	+ 5.7	+ 7.2
11	+ 2.0	+ 0.8	— 2.0	+ 2.2	+ 1.6	+ 0.5	+ 7.7	+ 8.0	+ 7.6
12	+ 1.3	+ 0.3	— 2.6	+ 1.4	+ 2.5	+ 0.7	+ 4.5	+ 3.5	+ 0.7
13	+ 0.3	+ 0.4	— 2.3	+ 4.6	+ 3.2	+ 1.4	+ 9.0	+ 7.5	+ 5.8
14	+ 1.3	+ 0.2	— 1.7	+ 0.4	+ 3.0	+ 3.6	+10.4	+ 9.4	+ 6.5
15	+ 1.4	— 0.4	— 1.7	+ 8.1	+ 7.7	+ 5.7	+ 5.0	+ 4.0	+ 4.3
16	— 0.6	— 0.3	— 0.7	+ 7.1	+ 6.9	+ 5.5	+ 5.3	+ 5.6	+ 3.3
17	— 2.5	+ 0.5	+ 4.0	+ 8.3	+ 7.7	+ 5.8	+ 4.0	+ 5.3	+ 5.7
18	+ 3.2	+ 4.4	+ 4.7	+ 8.1	+11.3	+ 8.0	+ 6.8	+ 5.7	+ 3.5
19	+ 5.7	+ 4.3	+ 2.3	+10.0	+ 9.2	+ 7.8	+ 4.6	+ 5.0	+ 3.3
20	+ 1.0	— 0.2	— 2.0	+ 7.2	+ 9.2	+ 9.0	+ 4.9	+ 5.8	+ 5.9
21	— 0.5	+ 2.3	— 0.2	+ 5.7	+ 8.1	+ 7.4	+ 6.2	+ 4.2	+ 2.6
22	+ 5.9	+ 4.5	+ 2.1	+ 6.7	+10.3	+12.4	+ 6.3	+ 7.3	+ 6.2
23	+ 3.0	+ 2.0	— 1.2	+ 6.4	+ 8.8	+ 8.4	+12.7	+11.2	+10.1
24	— 0.9	— 1.9	— 4.3	+ 4.9	+ 5.1	+ 6.4	+ 5.4	+ 7.4	+ 7.0
25	— 3.2	— 4.5	— 6.6	+14.0	+13.8	+11.6	+ 5.7	+ 8.0	+ 7.5
26	— 1.7	— 3.1	— 5.2	+ 7.2	+ 6.9	+ 4.9	+ 9.3	+10.9	+ 8.3
27	— 3.3	+ 2.0	— 0.2	+10.1	+ 9.4	+ 7.7	+ 9.6	+11.3	+12.9
28	+ 2.6	+ 2.0	+ 0.3	+ 4.6	+ 3.4	+ 3.9	+10.3	+13.2	+14.0
29	+ 3.6	+ 2.3	+ 0.2	+ 5.4	+ 5.2	+ 6.2	+11.8	+14.5	+15.0
30	+ 1.5	+ 2.1	+ 0.3	+ 7.1	+ 5.2	+ 4.1	+12.9	+14.0	+13.8
31	+ 0.0	+ 2.4	+ 2.7				+11.7	+12.3	+12.6
Moyennes	+2.83 +2.47	+2.57 +1.95	+0.27 +0.40	+4.83 +5.07	+5.76 +5.73	+5.15 +4.91	+7.18 +7.47	+7.87 +8.10	+7.03 +7.16

MINIMA

	JUIN 1885			JUILLET 1885			AOUT 1885		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+15.0	+14.0	+12.2	+14.7	+14.3	+12.2	**+14.9**	**+15.2**	»
2	+10.7	+ 9.8	+ 7.2	+14.0	+13.5	+10.9	+16.1	+16.8	+15.8
3	+ 7.7	+ 8.2	+ 7.7	+12.1	+13.6	+14.5	+15.2	+15.8	+14.8
4	+ 9.5	+12.9	+12.7	**+16.0**	**+15.8**	»	+15.3	+16.3	+16.3
5	+10.0	+12.3	+14.2	+15.3	+15.7	+13.5	**+14.1**	**+15.0**	+*14.3*
6	**+11.4**	**+13.7**	»	+13.6	+13.5	+11.5	**+13.3**	**+14.9**	»
7	+10.4	+13.4	+14.8	+12.2	+13.6	+12.0	+15.8	+15.9	+13.4
8	+12.2	+15.8	+14.8	+13.0	+14.9	+14.1	+12.0	+13.0	+11.5
9	+11.1	+12.3	+12.8	+14.4	+16.4	+17.4	+ 9.9	+11.2	+13.0
10	+15.4	+15.5	+12.7	+17.0	+18.1	+15.5	+10.8	+13.3	+16.0
11	+10.2	+ 9.7	+ 6.7	+15.6	+18.1	+18.0	+15.5	+17.6	+15.5
12	+ 9.4	+ 9.0	+ 6.1	+15.5	+18.8	+18.5	+15.3	+15.3	+14.2
13	+ 9.5	+11.2	+11.9	+19.7	+19.1	+16.7	+14.9	+16.7	+14.2
14	+12.8	+14.0	+15.3	+15.2	+13.5	+15.0	+13.3	+13.2	+11.0
15	+12.4	+14.3	+15.2	+14.0	+15.3	+12.8	+12.5	+11.9	+10.6
16	+14.3	+15.7	+15.3	+12.8	+15.9	+13.8	+10.8	+12.5	+12.1
17	+15.2	+14.7	+13.5	+10.7	+14.5	+16.7	+13.8	+14.6	+12.9
18	+15.6	+15.0	+12.5	+15.1	+15.7	+13.5	+11.9	+15.7	+13.7
19	+12.3	+12.4	+10.2	+15.5	+15.5	+14.8	+10.9	+11.0	+ 8.6
20	+13.8	+14.1	+11.7	+13.3	+16.4	+17.3	+ 7.9	+ 9.8	+ 8.7
21	+13.3	+13.0	+10.8	+16.6	+19.3	+17.0	+ 9.5	+10.9	+11.1
22	+10.5	+ 9.9	+ 7.7	+16.4	+16.2	+14.2	+11.7	+12.6	+12.6
23	+ 7.0	+ 9.8	+10.2	+14.0	+15.4	+13.5	+ 8.8	+11.8	+12.8
24	+ 9.5	+12.0	+12.8	+15.8	+15.4	+13.3	+ 9.8	+12.0	+12.4
25	+10.3	+13.6	+14.3	+14.6	+16.2	+13.4	+ 8.0	+11.3	+12.3
26	+12.3	+15.2	+15.1	+13.7	+15.2	+12.3	+13.8	+14.9	+13.6
27	+12.9	+15.1	+17.0	+13.8	+15.9	+12.9	+12.8	+14.0	+14.6
28	+17.5	+18.4	+17.1	+15.0	+16.0	+14.7	**+15.4**	+*16.0*	**+14.8**
29	+14.1	+14.7	+13.3	+15.2	+15.5	+13.2	+16.5	+16.3	+14.5
30	+12.9	+13.6	+13.4	+14.3	+15.5	+13.2	+14.5	+14.0	+11.9
31				14.1	+14.9	+12.6	+12.4	+11.4	+10.0
Moyennes	+11.87 +11.99	+13.11 +13.09	+12.38 +12.38	+14.62 +14.57	+15.73 +15.73	+14.30 +14.30	+12.73 +12.58	+13.96 +13.76	+12.96 +12.90

MINIMA

	SEPTEMBRE 1885			OCTOBRE 1885			NOVEMBRE 1885		
	P.	S.-G	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+12.0	+13.5	+11.6	+ 9.3	+10.8	+10.5	+ 0.0	+ 2.7	+ 3.0
2	+ 9.8	+10.8	+10.3	+ 5.2	+ 6.5	+ 6.1	+ 1.3	+ 3.3	+ 1.7
3	+10.0	+15.3	+17.3	+ 3.8	+ 5.2	»	+ 4.7	+ 4.0	+ 1.1
4	+14.3	+13.7	+12.2	+ 4.8	+ 6.9	+ 7.3	+ 4.0	+ 4.0	+ 1.7
5	+10.0	+11.2	»	+ 6.0	+ 7.5	+ 6.1	+ 4.2	+ 3.8	+ 2.1
6	+12.4	+13.7	+10.7	+ 5.6	+ 6.9	+ 7.9	+ 4.6	+ 3.1	+ 1.0
7	+14.1	+15.4	+11.4	+ 7.3	+ 8.5	+ 9.7	+ 4.5	+ 3.4	»
8	+11.5	+12.9	+11.4	+ 5.2	+ 5.8	+ 3.9	+ 5.3	+ 4.6	+ 1.7
9	+ 6.4	+ 8.4	+ 8.8	+ 5.6	+ 7.3	+ 5.5	+ 5.8	+ 5.2	+ 3.4
10	+ 9.3	+11.8	+ 9.5	+ 7.7	+ 6.7	+ 4.6	+ 6.2	+ 5.1	+ 2.2
11	+ 7.5	+10.0	+10.5	+ 7.6	+ 7.0	+ 4.4	+ 2.5	+ 2.4	+ 1.8
12	+ 6.3	+ 8.1	+ 6.5	+ 4.4	+ 3.3	+ 0.9	+ 0.8	— 0.1	+ 4.4
13	+ 4.8	+ 7.6	»	+ 4.0	+ 3.6	+ 0.5	+ 3.7	+ 5.1	+ 5.1
14	+ 7.9	+ 9.9	+ 9.5	+ 0.6	+ 2.5	+ 1.7	+ 3.6	+ 6.2	+ 6.3
15	+ 9.4	+12.9	+12.8	+ 5.2	+ 4.7	+ 2.2	+ 9.9	+ 7.6	+ 7.7
16	+ 8.5	+13.3	+18.0	+ 3.7	+ 5.4	+ 6.8	+ 1.8	+ 0.9	— 1.8
17	+13.7	+19.5	+19.3	+ 6.2	+ 7.3	+ 6.3	+ 0.7	+ 0.2	»
18	+11.3	+15.9	+14.8	+ 2.3	+ 3.7	+ 5.8	»	+ 1.7	+ 0.8
19	+12.5	+12.2	+12.1	+ 1.8	+ 3.9	+ 4.4	+ 3.8	+ 5.4	+ 5.3
20	+11.7	+12.3	+11.7	+ 8.5	+ 7.3	+ 5.8	+ 4.3	+ 4.6	+ 4.5
21	+ 9.7	+12.5	+12.4	+ 6.3	+ 4.6	+ 2.1	+ 5.0	+ 4.5	+ 4.3
22	+10.0	+11.9	+10.3	+ 1.0	+ 2.9	+ 1.7	+ 5.8	+ 5.3	+ 4.8
23	+ 9.5	+11.3	+15.0	+ 3.9	+ 5.9	+ 5.4	+ 5.7	+ 6.3	»
24	+10.3	+13.6	+15.2	+12.7	+12.2	+ 9.9	+ 0.8	+ 3.7	+ 4.9
25	+ 9.6	+ 8.4	+ 6.7	+ 5.7	+ 5.1	+ 3.4	+ 2.7	+ 4.2	+ 3.0
26	+ 6.9	+ 6.9	+ 4.4	+ 0.4	+ 2.3	+ 2.6	+ 7.8	+ 8.3	+ 5.6
27	+ 7.7	+ 7.5	+ 5.2	+ 7.0	+ 6.4	+ 4.4	+ 5.0	+ 8.3	+ 7.8
28	+ 5.7	+ 4.8	+ 2.5	+ 4.5	+ 5.6	+ 3.6	+ 2.0	+ 5.3	+ 6.2
29	+ 4.2	+ 4.6	+ 2.8	+ 1.1	+ 1.2	+ 0.2	+ 9.6	+ 7.7	+ 7.2
30	+ 8.3	+ 7.9	+ 5.6	+ 5.1	+ 4.2	+ 2.5	+ 7.2	+ 9.3	»
31				+ 5.2	+ 4.8	+ 2.4			
Moyennes	+9.23	+10.86	+10.76	+4.66	+5.10	+4.57	+4.15	+3.45	+3.85
	+9.69	+10.97	+10.98	+4.52	+4.95	+4.60	+3.29	+2.75	+3.85

MAXIMA

	DÉCEMBRE 1884			JANVIER 1885			FÉVRIER 1885		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	— 1.3	— 1.8	»	— 1.0	— 3.9	— 5.6	+15.5	+14.7	+ 9.5
2	— 0.4	— 1.6	»	+ 0.2	— 0.5	+ 1.3	+14.4	+12.5	+11.6
3	+ 8.1	+ 7.1	+ 5.3	+ 6.1	+ 5.1	+ 2.7	+ 4.9	+ 4.1	+ 3.3
4	+11.2	+10.1	+ 8.8	+ 2.5	+ 2.8	+ 4.0	+ 9.6	+ 8.9	+ 6.1
5	+ 7.1	+ 6.4	+ 4.8	+ 0.6	+ 0.4	+ 1.6	+10.1	+ 9.0	+ 6.3
6	+10.4	+10.5	+ 8.4	+ 1.4	+ 0.9	+ 0.9	+10.0	+ 8.5	+ 5.1
7	+ 8.4	+ 9.4	+ 9.7	+ 2.4	+ 1.4	— 1.8	+ 6.5	+ 6.8	+ 6.8
8	+12.4	+11.6	+ 9.6	+ 0.1	— 0.9	— 3.4	+11.1	+ 9.9	+ 8.0
9	+13.4	+12.3	+10.7	+ 3.1	+ 3.4	0.0	+10.0	+ 8.1	+ 5.5
10	+ 7.8	+ 6.2	+ 6.0	»	+ 4.1	+ 1.7	+10.0	+ 8.0	+ 5.4
11	+ 7.2	+ 6.7	+ 7.8	+ 7.9	+ 7.4	+ 4.6	+ 9.8	+ 7.9	+ 7.0
12	+ 9.7	+ 8.3	+ 5.3	+ 5.1	+ 3.1	+ 1.7	+14.2	+12.4	+ 8.6
13	+ 9.6	+ 8.8	+ 5.6	+ 1.9	— 0.1	— 2.8	+ 8.8	+ 8.0	+ 5.3
14	+ 5.6	+ 7.3	+ 7.1	+ 0.4	— 0.6	— 3.7	+11.7	+10.4	+ 8.0
15	+11.2	+10.2	+ 8.6	— 2.3	— 3.1	— 6.9	»	»	+11.3
16	+ 8.2	+ 6.0	+ 7.1	— 1.2	— 2.0	+ 1.4	+15.9	+14.2	+12.5
17	+ 9.8	+ 8.5	+ 6.1	+ 1.6	+ 0.2	+ 0.7	+13.4	+11.6	+10.5
18	+ 5.1	+ 2.4	+ 2.5	+ 1.5	+ 0.7	— 0.2	+12.6	+11.8	+ 8.0
19	+ 8.0	+10.5	+ 7.0	— 0.8	— 0.3	+ 0.8	»	»	+11.9
20	+10.4	+ 8.4	+ 6.8	— 0.1	— 1.9	— 1.5	+16.1	+14.3	+12.5
21	+ 4.1	+ 2.4	+ 1.3	+ 3.1	+ 1.5	— 0.4	+11.1	+ 9.5	+ 5.9
22	+ 5.0	+ 1.5	— 1.1	+ 4.9	+ 5.0	+ 1.4	+ 8.5	+ 7.5	+ 6.8
23	+ 2.8	+ 1.2	— 1.6	+ 7.0	+ 6.5	+ 2.9	+13.2	+11.0	+ 9.9
24	+ 2.9	+ 1.6	— 0.7	+ 5.1	+ 4.0	+ 1.4	+18.1	+16.5	+15.5
25	+ 1.7	+ 0.1	— 2.8	+ 2.4	+ 1.4	+ 2.0	+16.0	+15.3	+12.5
26	+ 0.5	+ 0.6	— 0.9	+ 1.2	+ 0.2	— 0.2	+16.6	+15.8	+11.6
27	+ 0.9	— 0.6	— 2.3	— 0.6	— 0.6	+ 4.7	+17.1	+16.5	+16.4
28	— 0.4	+ 0.3	+ 0.4	+ 6.9	+ 6.3	+ 7.1	+11.0	+10.3	+ 8.1
29	+ 1.4	— 0.1	+ 2.4	+11.7	+10.4	+ 8.4			
30	— 0.3	— 0.6	+ 0.6	+13.1	+12.4	+ 9.3			
31	— 0.6	— 2.1	— 3.8	+12.6	+11.0	+ 9.9			
Moyennes	+5.09	+4.89	+3.85	+3.23	+2.39	+1.13	+11.83	+10.37	+7.26
	+5.31	+5.13	+3.40	+2.74	+1.78	+0.87	+10.40	+8.80	+5.64

MAXIMA

	MARS 1885			AVRIL 1885			MAI 1885		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+13.5	+11.3	+ 7.8	+18.9	+17.9	+14.1	+18.4	+16.0	+13.2
2	+15.0	+11.0	+ 7.8	+19.4	+18.0	+14.9	+18.0	+16.2	»
3	+14.0	+10.7	+ 8.1	+17.3	+15.5	+11.5	+16.5	+15.0	+12.0
4	+15.2	+13.2	+10.9	+11.1	+ 9.7	+ 7.4	+18.2	+16.2	+12.4
5	+12.0	+18.6	+15.4	+11.7	+11.0	+ 7.4	+16.6	+15.3	+11.1
6	+10.2	+15 7	»	+ 7.9	+ 6.6	+ 6.1	+17.0	+16.9	+14.3
7	+15.0	+16.7	+13.6	+15.5	+12.4	+ 8.8	+20.8	+18.7	+14.9
8	+14.4	+16.6	+14.3	+16.6	+14.3	+11.3	+16.5	+15.9	+11.3
9	+14.0	+19.8	+16.5	+12.8	+ 9.8	+ 6.8	+18.0	+16.7	+12.3
10	»	»	+ 2.5	+12.8	+11.4	+ 8.4	+22.0	+20.7	+16.9
11	+16.1	+ 5.6	+ 3.1	+13.0	+12.8	+ 7.7	+18.7	+18.8	+12.2
12	+17.3	+ 7.5	+ 4.9	+ 6.6	+ 5.9	+ 3.8	+17.1	+15.7	+12.0
13	+16.0	+10.0	+ 6.6	+13.2	+11.9	+ 8.8	+20.8	+20.6	+15.5
14	+16.5	+12.1	+ 9.3	+18.1	+16.4	+13.0	+18.4	+16.1	+12.2
15	+15.2	+ 9.3	+ 6.3	+20.0	+19.0	+14.2	+14.1	+11.5	+ 8.8
16	+14.5	+13.9	+10.5	+15.7	+13.4	+10.5	+16.0	+14.0	+11.2
17	+17.0	+15.6	+11.2	+16.8	+15.3	+13.8	+19.1	+17.7	+13.7
18	+12.6	+11.4	+ 8.6	+20.4	+18.8	+16.0	+16.7	+13.8	+11.7
19	+11.7	+10.1	+ 6.0	+22.7	+21.0	+17.9	+16.7	+15.2	+13.5
20	+11.4	+10.1	+ 6.2	+22.9	+21.8	+18.1	+19.4	+18.9	+14.3
21	+12.7	+10.3	+ 6.8	+25.4	+24.2	+19.9	+16.1	+13.9	+10.1
22	+11.7	+11.0	+ 7.0	+25.4	+24.2	+20.1	+18.1	+17.0	+14.5
23	+11.7	+10.2	+ 6.5	+22.4	+19.8	+16.5	+18.2	+15.9	+15.1
24	+ 6.0	+ 4.4	+ 1.8	+22.1	+20.4	+18.3	+19.8	+18.9	+15.2
25	+ 3.8	+ 2.9	− 1.2	+21.1	+20.3	+18.4	+22.6	+21.0	+18.7
26	+ 5.1	+ 3.0	+ 0.2	+14.0	+12.5	+10.3	+25.1	+23.7	+20.7
27	+ 7.4	+ 6.2	+ 3.4	+20.7	+17.2	+14.0	+27.7	+27.2	+23.4
28	+ 9.5	+ 7.5	+ 4.1	+19.0	+17.3	+13.5	+29.4	+28.3	+24.6
29	+11.1	+ 8.8	+ 5.3	+15.8	+13.4	+10.7	+29.6	+28.6	+24.8
30	+14.3	+12.6	+ 9.8	+11.8	+10.5	+ 7.8	+26.0	+23.6	+20.4
31	+16.6	+15.3	+11.4				+24.7	+23.1	+19.8
Moyennes	+12.66	+1.44	+7.37	+16.41	+15.52	+12.58	+19.88	+18.90	+15.27
	+12.68	+10.77	+7.79	+16.56	+15.48	+12.37	+20.41	+19.35	+15.42

MAXIMA

	JUIN 1885			JUILLET 1885			AOUT 1885		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+23.4	+21.7	+18.6	+25.1	+21.9	+18.6	**+28.0**	**+27.6**	»
2	+22.0	+20.8	+17.0	+25.4	+23.8	+20.9	+29.9	+30.1	+27.4
3	+27.6	+27.3	+22.0	+30.2	+29.8	+26.7	+29.9	+30.4	+25.8
4	+28.7	+28.3	+23.5	**+29.4**	**+29.6**	»	+28.4	+26.9	+22.3
5	**+30.2**	**+30.0**	»	+22.8	+20.6	+19.4	**+27.7**	**+26.4**	»
6	+31.0	+31.0	+25.7	+24.0	+22.3	+18.8	**+31.5**	**+31.2**	»
7	+31.0	+30.9	+26.4	+26.5	+25.0	+21.5	+25.2	+23.0	+20.6
8	+30.0	+29.9	+26.3	+29.2	+28.5	+24.5	+24.1	+22.6	+19.5
9	+27.1	+28.6	+22.0	+30.2	+29.6	+25.8	+27.0	+26.2	+22.3
10	+24.0	+21.0	+18.9	+31.1	+30.8	+26.9	+32.9	+31.7	+28.4
11	+15.9	+14.1	+10.6	+31.9	+31.2	+27.2	+28.0	+27.1	+23.0
12	+22.7	+21.4	+18.6	+33.1	+32.4	+28.0	+29.2	+28.4	+24.4
13	+28.0	+27.1	+22.8	+30.0	+30.5	+28.1	+27.1	+25.1	+22.2
14	+30.1	+29.9	+25.8	+26.9	+25.5	+21.9	+25.1	+24.0	+20.3
15	+29.7	+29.9	+25.4	+26.7	+24.5	+21.5	+27.1	+26.2	+22.5
16	+30.3	+30.5	+26.5	+27.7	+26.6	+22.8	+28.1	+27.2	+23.4
17	+27.9	+27.2	+23.0	+29.8	+28.5	+25.2	+27.2	+26.9	+22.3
18	+25.0	+23.4	+20.2	+24.6	+23.3	+20.6	+28.3	+28.0	+24.3
19	+24.0	+22.9	+19.7	+29.0	+27.9	+24.1	+22.0	+21.3	+16.9
20	+27.1	+26.0	+22.8	+30.1	+28.9	+25.7	+24.2	+23.1	+20.0
21	+21.1	+19.8	+15.7	+30.1	+29.4	+25.5	+24.3	+24.0	+21.6
22	+21.4	+20.3	+16.7	+29.6	+29.3	+24.8	+25.6	+26.1	+22.8
23	+26.6	+25.6	+22.2	+29.4	+28.9	+24.7	+26.2	+26.3	+23.6
24	+29.5	+28.7	+25.1	+29.9	+29.4	+25.5	+25.0	+24.8	+21.5
25	+29.1	+29.9	+25.7	+28.6	+29.7	+24.9	+28.0	+27.1	+23.5
26	+30.1	+29.8	+25.7	+29.4	+29.5	+25.3	+28.6	+29.0	+25.5
27	+31.9	+31.4	+27.6	+31.1	+30.5	+28.3	+29.0	+27.3	+24.1
28	+31.2	+31.3	+26.6	+31.5	+31.0	+27.3	*+26.5*	**+26.4**	**+22.4**
29	+25.1	+24.4	+23.3	+30.2	+29.8	+25.5	+21.8	+22.4	+22.3
30	+27.1	+25.7	+22.4	+30.2	+30.7	+25.7	+19.1	+17.5	+13.8
31				+30.0	+30.3	»	+21.4	+19.8	+16.6
Moyennes	+26.96 +26.87	+26.29 +26.16	+22.30 +22.30	+28.83 +28.81	+28.03 +28.00	+23.52 +23.52	+25.74 +25.55	+25.94 +25.65	+20.84 +22.29

MAXIMA

	SEPTEMBRE 1885			OCTOBRE 1885			NOVEMBRE 1885		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+24.7	+22.6	+19.4	+21.0	+20.0	+15.5	+12.8	+11.2	+ 8.9
2	+24.0	+23.7	+23.0	+20.5	+14.4	»	+10.9	+ 9.3	+ 6.8
3	+25.6	+24.6	+24.2	+17.1	+16.5	»	+ 7.7	+ 6.6	+ 3.5
4	+21 1	+21 1	»	+18.1	+17.8	+14.2	+ 7.9	+ 6.8	+ 3.7
5	+23.0	+21.6	»	+18.4	+17.5	+15.1	+ 9.7	+ 9.4	+ 7.0
6	+25.5	+24.2	+21.2	+19.1	+18.2	+14.9	+ 7.6	+ 5.8	+ 3.6
7	+20.5	+18.9	+15.6	+17.2	+16.8	+14.5	+ 7.6	+ 5.6	»
8	+21.1	+18.1	+16.2	+15.8	+14.1	+11.9	+ 9.3	+ 7.6	+ 5.1
9	+21.1	+19.6	+16.9	+14.4	+13.2	+10.4	+ 9.5	+ 7.9	+ 5.3
10	+20.0	+19.3	+16.9	+11.4	+11.3	+ 8.5	+ 7.6	+ 5.7	+ 3.1
11	+21.4	+19.1	+16.1	+14.7	+11.7	+ 9.0	+ 9.7	+ 9.6	+ 6.9
12	+18.7	+17.2	»	+ 8.7	+ 7.4	+ 4.4	+10.2	+10.1	+ 8.9
13	+22.9	+22.3	+18.7	+ 7.7	+ 6.3	+ 3.7	+ 9.2	+ 9.1	+ 7.9
14	+27.1	+26.6	+23.9	+12.9	+11.2	+ 8.3	+13.7	+11.9	+ 9.2
15	+26.7	+25.8	+26.0	+ 9.7	+ 9.6	+ 9.2	+11.2	»	+ 9.2
16	+27.6	+26.6	+26.4	+16.1	+14.6	+11.0	+ 7.6	+ 6.0	»
17	+28.9	+28.9	+24.9	+15.4	+14.8	+11.9	»	»	+ 4.1
18	+28.8	+27.7	+22.8	+15.6	+13.6	+ 9.9	+11.1	+10.2	+ 7.9
19	+24.6	+23.3	+20.0	+11.1	+ 9.4	+ 8.2	+11.7	+10.6	+ 9.4
20	+22.8	+21.8	+18.3	+13.0	+11.9	+ 8.2	+ 9.8	+ 8.7	+ 9.0
21	+23.2	+21.0	+17.9	+ 9.6	+ 8.3	+ 5.6	+ 8.5	+ 7.3	+ 7.7
22	+23.7	+22.1	+18.6	+12.8	+11.1	+ 8.2	+ 9.1	+ 8.8	»
23	+28.1	+27.2	+23.5	+16.6	+14.7	+12.2	+ 8.9	+ 8.7	+ 7.9
24	+27.4	+26.8	+23.6	+16.4	+14.2	+11.4	+10.3	+10.4	+ 8.4
25	+12.1	+10.9	+ 7.6	+ 8.7	+ 7.8	+ 5.2	+11.3	+10.3	+ 8.5
26	+12.8	+11.9	+ 8.7	+11.7	+10.5	+ 7.7	+13.4	+13.2	+10.0
27	+10.0	+ 8.9	+ 6.0	+16.0	+16.2	+12.8	+17.1	+15.6	+13.2
28	+10.0	+ 8.9	+ 6.1	+11.4	+11.9	+ 8.2	+12.4	+11.7	+ 9.1
29	+14.6	+13.2	+ 9.0	+ 9.7	+ 7.9	+ 6.5	+12.4	+12.7	»
30	+20.6	+18.9	+14.8	+11.7	+ 9.4	+ 8.4	+17.9	+18.0	»
31				+ 8.8	+ 9.3	+ 7.1			
Moyennes	+22.36	+21.17	+17.98	+13.86	+12.58	+9.72	+10.68	+9.34	+7.49
	+22.31	+21.27	+18.45	+13.50	+12.33	+9.70	+10.20	+9.19	+7.20

MINIMA

	DÉCEMBRE 1885			JANVIER 1886			FÉVRIER 1886		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+ 9.9	+11.5	+11.8	— 1.5	»	— 6.7	+ 4.6	+ 5.3	+ 3.4
2	+ 3.8	+ 3.1	+ 0.8	+ 0.4	0 0	»	+ 1.8	+ 1.4	– 0.6
3	— 1.0	+ 0.5	+ 1.7	+ 2.6	+ 2.2	»	+ 2.3	+ 1.4	— 0.7
4	— 1.0	0.0	+ 2.7	+ 4.7	+ 4.5	»	+ 3.5	+ 2.7	+ 0.7
5	+ 6.3	+ 5.8	0.0	— 0.7	+ 0.7	»	— 0.3	— 1.3	— 4.4
6	»	+ 5.5	2.6	— 0.7	— 0.8	»	— 3.7	— 4.1	»
7	+ 7.7	+ 9.2	8.1	+ 1.3	+ 3.0	+ 2.1	— 4.0	— 3.9	»
8	+ 7.2	+ 7.4	6.1	+ 0.2	— 0.7	— 3.3	— 5.0	— 6.0	— 7.5
9	— 0.2	— 1.1	— 4.0	— 4.2	— 3.1	»	— 5.2	— 6.0	— 8.0
10	— 3.6	— 4.2	— 6.6	— 4.9	— 4.5	»	– 5.5	— 4.4	— 7.5
11	— 5.2	— 5.5	— 8.5	— 5.5	— 6.3	— 9.0	— 2.5	— 2.3	— 5.8
12	— 5.7	— 6.2	— 8.8	—11.8	—10.5	— 9.1	— 1.7	— 2.2	— 4.6
13	— 8.3	— 8.2	— 9.6	— 8.7	— 6.8	— 6.2	— 2.0	— 2.0	— 3.8
14	— 0.5	— 0.6	»	— 1.8	— 2.1	— 5.1	— 4.1	— 3.3	— 3.2
15	+ 0.6	— 0.4	— 2.2	+ 0.5	— 0.4	— 1.9	— 3.0	— 0.3	— 0.2
16	+ 0.0	— 1.1	— 2.9	— 3.0	— 1.9	— 4.0	— 0.7	+ 1.5	+ 1.8
17	+ 0.6	— 0.4	— 2.5	— 5.3	— 6.4	— 2.5	— 0.0	+ 2.0	+ 2.9
18	+ 0.4	— 0.5	— 1.7	— 6.2	— 2.7	— 2.0	— 1.5	+ 1.1	+ 1.4
19	— 0.5	+ 0.0	— 1.4	— 3.5	— 1.2	— 2.5	— 1.2	— 1.9	— 0.9
20	— 2.3	+ 1.0	+ 1.6	— 5.9	— 5.3	— 6.4	»	— 0.6	— 2.5
21	— 2.0	— 0.2	+ 2.6	— 9.2	— 7.0	— 8.7	— 1.2	— 2.7	— 4.8
22	— 2.7	— 0.3	+ 2.8	— 6.3	— 3.0	— 2.1	— 1.0	— 2.3	— 4.3
23	— 3.7	— 1.8	+ 1.5	— 7.2	— 4.8	— 4.0	— 0.5	— 1.0	— 3.5
24	— 0.1	— 0.7	— 2.8	— 3.7	— 0.3	— 2.7	— 5.2	— 4.0	— 4.1
25	— 2.3	— 1.6	— 3.1	+ 3.8	+ 7.5	+ 5.3	— 2.2	+ 0.5	+ 1.8
26	— 1.4	— 2.3	— 4.6	+ 5.5	+ 5 0	— 4.5	— 0.8	+ 1.4	+ 2.9
27	— 0.5	»	— 4.6	+ 3.2	+ 3.0	+ 0.8	— 0.7	— 1.4	— 4.8
28	— 4.6	— 3.2	— 3.4	+ 4.1	+ 3 3	+ 0.8	— 2.9	— 3.2	— 4.5
29	— 2.5	— 0.1	— 1.0	+ 2.8	+ 2.2	+ 0.2			
30	— 1.3	— 2.5	— 5.7	+ 0.5	+ 1.4	+ 0.8			
31	— 6.2	— 6.0	— 6.7	— 2.4	— 0.7	— 1.3			
Moyennes	—0.70	—0.36	–1.10	—1.82	—1.78	—3.00	—1.51	—0 97	—2.34
	—0.37	—0.05	—0.94	—2.14	—2.03	—2.13	—1.28	—0.96	—2.47

MINIMA.

	MARS 1886			AVRIL 1886			MAI 1886		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	− 4.1	− 3.3	− 4.2	+ 8.6	+ 7.6	»	+ 8.0	+ 6.9	+ 4.7
2	+ 2.3	+ 1.5	+ 2.7	+ 7.2	+ 8.6	»	+ 9.2	+ 8.2	+ 5.0
3	+ 3.8	+ 1.9	+ 0.7	+11.5	+12.5	»	+ 3.3	+ 3.1	− 0.3
4	− 1.3	− 2.0	− 4.9	+10.5	+11.4	»	+ 3.5	+ 2.8	+ 0.0
5	− 3.4	− 3.4	− 4.7	+ 7.2	+ 9.3	»	+ 1.0	+ 3.4	+ 1.6
6	+ 3.3	»	»	+ 9.4	+10.9	»	+ 4.9	+ 5.3	+ 4.5
7	− 1.5	− 2.8	»	+ 6.3	+ 5.9	+ 3.4	+ 3.8	+ 6.1	+ 3.7
8	− 4.0	− 3.7	− 6.2	+ 2.2	+ 4.6	+ 6.1	+ 4.5	+ 7.4	+ 5.8
9	− 4.7	− 5.7	− 8.7	+ 2.3	+ 0.4	− 0.8	+ 4.1	+ 7.2	+11.0
10	− 3.7	− 4.9	− 7.0	+ 0.7	+ 1.6	+ 0.9	+10.5	+10.1	»
11	− 5.2	− 5.4	− 7.1	− 0.4	+ 1.4	+ 1.5	+11.7	+11.7	»
12	− 5.1	− 4.9	− 5.1	+ 1.6	+ 1.4	»	+ 9.4	+ 9.3	+ 8.0
13	− 2.3	− 2.8	− 4.6	+ 6.7	+ 5.6	+ 2.0	»	+10.6	+10.8
14	− 1.5	− 2.2	− 5.1	+ 6.3	+ 4.8	+ 2.3	+ 5.3	+ 4.6	+ 2.1
15	− 0.6	− 1.2	− 4.3	+ 5.8	+ 4.4	+ 2.3	+ 3.8	+ 6.1	+ 3.9
16	− 4.5	− 2.5	− 3.2	+ 3.2	+ 2.2	− 0.2	+ 5.6	+ 5.7	+ 3.4
17	− 3.6	− 1.8	− 0.9	+ 4.1	+ 3.1	+ 0.5	+ 3.0	+ 4.5	+ 6.0
18	+ 3.6	+ 4.1	+ 3.5	+ 1.6	+ 3.1	+ 3.2	+ 8.1	+ 9.9	+ 8.3
19	+ 3.0	+ 3.6	+ 4.1	+ 3.4	+ 6.0	+ 5.2	+11.5	+13.7	+ 9.8
20	+ 1.6	+ 3.6	+ 5.4	+ 8.4	+ 8.1	+ 5.7	+10.8	+13.6	+11.0
21	+ 4.6	+ 6.6	+ 6.5	+ 9.0	+ 7.6	+ 5.5	+ 7.5	+12.4	+12.5
22	+ 9.2	+ 9.3	+ 8.6	+ 7.6	+ 7.4	+ 6.4	+ 9.4	+13.2	+13.2
23	+ 6.4	+ 7.8	+ 6.5	+ 3.8	+ 7.5	+ 5.7	+10.2	+11.3	+10.8
24	+ 9.3	+ 9.5	+ 7.8	+ 4.6	+ 6.5	+ 5.9	+12.1	+11.6	+ 8.9
25	+10.3	+10.0	+ 8.1	+ 6.1	+ 8.4	+ 8.6	+ 6.8	+ 7.7	+ 8.2
26	+10.7	+10.0	+ 7.6	+ 8.1	+11.0	+12.5	+ 7.8	+10.9	+11.5
27	+ 7.3	+ 7.0	+ 7.1	+ 7.0	+10.0	+10.0	+13.2	+13.5	+11.0
28	+ 9.4	+ 8.9	+ 6.9	+ 6.9	+ 9.2	+ 8.7	+ 8.5	+ 8.4	+ 6.3
29	+10.2	+ 8.6	+ 6.7	+12.0	+12.7	»	+12.0	+12.0	+10.3
30	+ 3.3	+ 4.3	+ 2.5	+11.8	+11.2	+ 9.2	+12.6	+12.2	+10.2
31	− 1.0	+ 1.8	+ 4.1				+11.6	+13.3	+12.1
Moyennes	+1.40	+1.61	+0.79	+6.12	+6.40	+4.66	+7.79	+8.93	+6.94
	+1.84	+1.88	+0.71	+5.18	+4.89	+4.41	+7.92	+8.72	+6.94

MINIMA

	JUIN 1886			JUILLET 1886			AOUT 1886		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+12.3	+13.7	»	+13.6	+13.2	+ 9.8	+11.1	+12.3	+10.3
2	+10.8	+13.1	+11.2	+10.7	+12.0	+10.3	+12.3	+14.5	+13.1
3	+15.4	+14.2	+11.6	+14.6	+16.1	+15.9	+13.1	+14.1	+13.7
4	+14.0	+14.4	+12.0	+13.0	+15.6	+14.2	+13.2	+14.1	+12.2
5	+13.6	+13.0	»	+17.4	+17.6	+14.4	+13.8	+13.8	+10.3
6	+11.7	+11.4	+ 9.7	+13.7	+16.8	+16.4	+11.2	+12.7	+10.1
7	+12.0	+12.0	+ 9.5	+13.6	+15.6	+17.9	+10.6	+13.4	»
8	+11.1	+10.9	+10.3	+16.2	+17.1	+14.7	+12.8	+15.3	+13.9
9	+11.8	+12.0	+ 9.4	+14.0	+13.9	+11.1	+17.9	+18.5	+13.8
10	+10.8	+10.6	+ 9.6	+10.6	+10.9	+ 8.9	+14.7	+17.6	+18.2
11	+10.8	+11.3	+ 8.5	+10.4	+11.4	+ 9.0	+16.9	+15.8	+13.3
12	+ 7.1	+ 9.6	+ 8.7	+10.0	+12.8	+10.2	+11.6	+12.0	+10.3
13	+11.2	+11.6	+ 5.8	+10.7	+13.4	+15.5	+ 8.4	+10.4	+11.2
14	+ 9.7	+10.1	+ 7.9	+14.0	+15.7	+15.4	+16.6	+16.6	+14.0
15	+ 8.5	+10.3	+ 9.2	+14.1	+13.3	»	+14.1	+15.4	+12.7
16	+10.3	+10.9	+ 7.9	+13.7	+14.9	+10.5	+12.2	+14.5	+13.2
17	+ 9.5	+10.0	+ 8.2	+13.0	+15.1	+11.9	+15.5	+11.7	+ 9.3
18	+ 9.0	+10.3	+ 6.4	+11.5	+12.8	+13.2	+12.0	+11.6	+ 9.3
19	+ 8.6	+ 9.0	+ 5.4	+13.6	+17.5	+15.0	+13.7	+12.8	+10.5
20	+10.6	+10.6	+ 7.1	+13.4	+15.9	+15.2	+12.9	+13.0	+10.5
21	+ 9.6	+ 8.9	+ 6.5	+15.8	+19.1	+18.9	+11.5	+13.1	+13.6
22	+10.8	+ 9.6	+ 6.0	+13.6	+17.6	+18.3	+15.8	+16.1	+14.9
23	+10.9	+11.9	+ 7.4	+17.5	+18.6	+14.9	+15.0	+15.8	+15.2
24	+13.2	+13.2	+10.4	+15.7	+17.5	+16.2	+14.0	+13.9	+13.1
25	+ 9.8	+11.5	+11.8	+14.7	+16.5	+14.8	+12.4	+13.7	+13.2
26	+15.3	+44.8	+11.5	»	+17.9	+14.7	+16.2	+16.4	+13.4
27	+13.1	+13.8	+11.8	+14.1	+14.2	+10.8	+15.7	+15.2	+12.2
28	+12.8	+12.9	+12.4	+11.7	+12.0	+ 8.4	+15.7	+15.0	+14.4
29	+13.0	+15.7	+13.7	+10.3	+11.0	+ 9.8	+15.0	+16.4	+18.2
30	+13.7	+13.7	+11.5	+11.1	+13.0	+13.5	+16.5	+18.0	+17.9
31				+12.9	+13.0	+ 9.5	+15.1	+16.6	+17.4
Moyennes	+11.37 +11.15	+11.81 +11.60	+9.23 +9.23	+13.31 +13.28	+14.90 +14.85	+13.31 +13.28	+12.90 +12.39	+14.52 +14.34	+12.63 +12.60

MINIMA

	SEPTEMBRE 1886			OCTOBRE 1886			NOVEMBRE 1886		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+14.6	+16.6	+19.7	+ 8.2	+11.4	+10.4	+ 5.4	+ 7.6	+ 6.5
2	+14.0	+16.3	»	+14.5	+14.3	+12.9	+ 5.9	+ 8.8	+ 7.2
3	+12.7	+13.9	+15.9	+10.9	+13.7	+12.8	+ 8.8	+ 9.1	+ 7.2
4	+14.5	+16.7	»	+11.2	+13.6	+14.0	+ 5.6	+ 5.0	+ 5.5
5	+15.1	+16.8	»	+11.3	+14.1	+13.6	+ 6.0	+ 6.0	+ 5.8
6	+14.4	+15.2	+14.6	+ 9.9	+ 9.7	+ 9.6	+ 9.0	+ 8.7	+ 7.0
7	+14.6	+16.9	+15.5	+10.7	+11.7	+10.4	+ 5.8	+ 7.0	+ 5.3
8	+16.1	+18.3	+15.9	+ 6.6	+ 8.6	+ 8.8	»	+ 6.4	+ 3.8
9	+13.8	+15.9	+13.4	+10.7	+12.4	»	+ 1.1	+ 2.5	+ 1.4
10	+11.5	+13.7	+15.0	+12.2	+12.0	+ 9.2	»	»	+ 1.9
11	+15.2	+16.6	+13.8	+ 5.3	+ 7.3	+ 7.8	+ 2.0	+ 3.4	»
12	+12.6	+13.9	+13.0	+ 5.8	+ 6.9	+ 8.4	+ 5.1	+ 4.2	+ 2.3
13	+12.7	+14.4	+15.4	+12.2	+12.6	+ 9.7	+ 0.7	+ 3.3	+ 3.5
14	+12.9	+14.9	+16.2	+ 5.9	+ 7.2	+ 5.5	+ 4.7	+ 5.4	+ 4.3
15	+11.6	+14.4	»	+ 5.3	+ 6.6	+ 5.6	+ 7.3	+ 7.2	+ 5.2
16	+13.5	+15.4	+13.8	+11.2	+10.0	+ 7.5	+ 1.5	+ 3.8	+ 4.1
17	+12.3	+12.1	+10.2	+ 9.2	+ 9.5	+ 5.7	+ 7.4	+ 7.6	+ 4.0
18	+14.6	+15.7	+13.5	+ 7.6	+ 8.3	+ 5.7	+ 4.9	+ 6.1	+ 4.1
19	+15.0	+15.0	+12.6	+ 5.2	+ 8.3	+ 6.3	+ 4.5	+ 3.8	+ 2.0
20	+15.7	+15.5	+12.9	+ 6.7	+ 8.5	+ 8.1	+ 2.3	+ 2.2	— 0.6
21	+12.0	+13.3	+12.4	+ 9.7	+ 9.2	+ 6.6	+ 1.6	+ 1.0	— 1.4
22	+11.2	+13.1	+12.1	+ 8.1	+ 8.6	+ 6.4	+ 4.1	+ 4.9	— 1.9
23	+12.1	+12.4	+10.4	+ 4.2	+ 4.0	+ 4.7	+ 2.2	+ 2.3	— 1.0
24	+10.9	+10.3	+ 6.1	+ 7.3	+ 8.7	+ 7.5	+ 0.8	+ 0.3	— 3.3
25	+ 8.0	+ 7.3	+ 3.9	+ 6.7	+ 7.8	»	— 1.3	— 1.3	— 3.8
26	+ 5.5	+ 6.6	+ 4.5	+ 9.3	+ 9.3	+ 6.7	— 1.0	— 0.2	— 2.2
27	+ 4.2	+ 7.1	+ 7.1	+ 6.1	+ 7.5	+ 7.6	+ 2.4	»	— 0.6
28	+ 5.5	+ 7.6	+10.4	+ 8.3	+ 9.1	+ 5.5	+ 2.8	+ 2.6	+ 0.6
29	+ 7.0	+ 9.0	+14.1	+ 7.8	+ 8.9	+ 8.1	— 3.3	— 3.2	— 1.1
30	+ 7.0	+ 9.2	+13.5	+ 7.7	+ 6.3	+ 7.9	— 1.3	— 0.2	— 1.6
31				+ 9.7	+ 8.4	+ 6.7			
Moyennes	+13.03	+13.47	+12.26	+8.33	+9.50	+8.29	+2.97	+4.25	+2.04
	+11.64	+12.93	+12.26	+8.30	+9.51	+8.29	+2.96	+3.80	+2.02

MAXIMA

	DÉCEMBRE 1885			JANVIER 1886			FÉVRIER 1886		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+17.7	+17.5	+13.9	+ 4.1	+ 3.0	»	+12.9	+11.9	+ 9.2
2	+ 8.5	+ 6.9	+ 5.2	+ 4.0	+ 3.3	»	+ 8.1	+ 7.3	+ 3.6
3	+ 9.0	+ 9.6	+ 9.1	+ 8.8	+ 8.0	»	+ 7.6	+ 8.1	+ 5.1
4	+10.5	+11.5	+ »	+ 8.1	+ 7.6	»	+ 6.9	+ 5.6	+ 2.1
5	+ 9.4	+ 8.9	+ 8.6	+ 7.1	+ 6.3	»	+ 3.4	+ 2.0	— 1.5
6	+12.2	+11.0	+11.5	+ 7.4	+ 7.1	»	+ 1.8	— 0.1	»
7	+16.4	+15.5	+12.5	+ 7.1	+ 6.2	+ 3.4	+ 0.7	— 0.3	»
8	+15.0	+13.9	+10.9	+ 1.9	+ 0.5	»	+ 0.9	— 0.8	— 4.0
9	+ 3.2	+ 1.4	— 2.4	+ 0.6	— 0.1	»	+ 1.8	+ 1.0	— 3.9
10	+ 0.7	— 0.7	— 4.2	— 0.1	— 2.1	— 4.7	+ 2.0	+ 1.2	0.0
11	+ 1.2	— 0.4	— 3.1	— 1.9	— 2.6	— 6.8	+ 0.4	— 0.6	— 3.5
12	— 0.9	— 1.6	— 6.1	— 1.9	— 2.9	— 5.3	+ 0.6	— 0.9	— 3.3
13	+ 1.7	+ 0.5	»	+ 0.8	+ 0.1	+ 0.6	+ 5.1	+ 3.2	— 0.3
14	+ 5.0	+ 3.7	— 0.1	+ 4.4	+ 2.4	— 1.0	+ 6.9	+ 6.6	+ 2.5
15	+ 2.0	+ 1.7	— 0.7	+ 2.7	+ 2.0	— 1.1	+11.5	+10.5	+ 8.3
16	+ 3.1	+ 2.3	— 0.8	+ 1.5	+ 2.0	+ 1.4	+10.7	+10.4	+ 6.2
17	+ 2.9	+ 2.5	+ 0.1	+ 0.9	+ 1.8	+ 1.2	+12.4	+12.4	+ 9.5
18	+ 4.2	+ 2.2	+ 0.3	+ 5.0	+ 5.1	+ 3.0	+10.8	+ 9.6	+ 8.3
19	+ 6.1	+ 5.5	+ 4.6	+ 4.4	+ 2.1	— 0.6	+ 3.6	+ 2.5	+ 2.2
20	+10.7	+10.5	+ 7.8	+ 1.1	+ 1.0	— 1.7	+ 1.7	+ 0.9	— 1.6
21	+ 7.8	+ 8.0	+ 8.1	+ 2.7	+ »	— 0.7	+ 1.8	— 0.9	— 2.7
22	+ 7.4	+ 7.4	+ 6.3	+ 5.1	+ 5.7	+ 2.1	+ 1.6	+ 0.2	— 2.6
23	+ 3.8	+ 4.0	+ 4.3	+ 3.4	+ 3.8	+ 1.6	+ 4.2	+ 2.1	— 2.2
24	+ 3.2	+ 1.8	— 0.6	+ 9.7	+ 9.7	+ 8.6	+ 9.6	+ 9.8	+ 5.9
25	+ 1.4	— 0.1	— 2.7	+13.8	+13.9	10.0	+14.1	+12.7	+ 9.3
26	+ 1.6	»	— 2.0	+ 7.6	+ 6.9	+ 4.3	+11.7	+10.7	+ 7.9
27	+ 2.7	+ 1.5	— 1.8	+ 5.9	+ 4.3	+ 2.5	+ 3.7	+ 2.4	— 0.7
28	+ 5.7	+ 6.6	+ 5.1	+ 6.5	+ 5.4	+ 2.1	+ 6.0	+ 4.7	+ 1.1
29	+ 6.4	+ 6.8	+ 4.6	+ 7.9	+ 5.7	+ 5.0			
30	+ 1.2	— 1.0	— 3.9	+ 8.0	+ 6.3	+ 2.8			
31	+ 0.3	— 0.4	+ 1.0	+ 7.6	+ 8.4	+ 7.3			
Moyennes	+5.75 +5.09	+5.27 +5.27	+3.05 +3.22	+4.22 +4.07	+2.69 +2.64	+1.00 +0.48	+5.98 +6.45	+5.22 +5.36	+2.11 +2.45

MAXIMA

	MARS 1886			AVRIL 1886			MAI 1886		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	»	»	+ 4.1	+17.1	+15.4	+11.3	+12.8	+11.6	+ 8.0
2	»	»	+ 7.3	+26.6	+22.0	»	+16.8	+14.8	+11.6
3	+10.6	+ 5.8	+ 1.8	+22.6	+22.4	»	+15.6	+14.5	+ 9.0
4	+ 4.8	+ 2.8	— 0.6	+20.9	+18.1	»	+16.6	+14.8	+11.6
5	— 7.8	+ 7.8	»	+22.9	+22.4	+18.6	+19.4	+17.2	+14.2
6	+ 7.6	+10.7	»	+14.4	+13.6	+11.4	+19.7	+18.3	+14.7
7	+ 5.7	+ 3.6	— 0.8	+15.4	+13.6	+10.6	+20.1	+18.6	+15.3
8	+ 5.0	+ 3.2	— 0.3	+22.4	+20.6	+18.5	+22.4	+21.8	+18.0
9	+ 3.7	+ 2.3	— 1.6	+ 7.1	+ 7.2	+ 2.7	+26.1	+25.1	»
10	+ 4.7	+ 2.4	— 0.9	+14.0	+11.5	+ 7.3	+20.2	+18.4	»
11	+ 4.9	+ 3.7	— 0.3	+12.4	+10.0	»	+14.4	+13.7	»
12	+ 8.0	+ 6.8	+ 3.2	+11.4	+10.3	»	+24.2	+22.4	+21.3
13	+ 8.4	+ 7.3	+ 3.2	+13.9	+11.6	+ 9.2	»	+17.8	+14.5
14	+ 6.4	+ 6.1	+ 2.2	+16.5	+13.2	+ 9.9	+15.0	+14.2	+ 9.4
15	+ 7.7	+ 6.4	— 3.0	+15.4	+13.2	+10.2	+17.1	+14.1	+11.1
16	+ 9.4	+ 7.7	+ 4.3	+ 9.7	+ 7.9	+ 5.1	+16.4	+15.8	+11.9
17	+12.6	+10.5	+ 7.5	+15.1	+13.1	+ 9.8	+22.9	+22.2	+17.6
18	+13.3	+13.0	+ 9.0	+19.0	+17.6	+13.6	+24.6	+22.8	+21.7
19	+17.1	+16.2	+13.8	+17.1	+16.9	+12.6	+25.6	+24.1	+22.5
20	+19.9	+17.1	+15.4	+19.0	+15.9	+12.3	+24.0	+23.9	+22.3
21	+19.1	+19.4	+15.5	+14.2	+12.5	+10.0	+28.8	+28.2	+23.6
22	+19.2	+18.0	+14.6	+19.1	+18.0	+14.0	+28.7	+28.2	+24.3
23	+19.1	+17.7	+13.7	+20.9	+18.6	+16.2	+24.0	+23.4	+20.0
24	+20.4	+19.9	+16.9	+23.1	+21.5	+17.7	+22.4	+20.8	+17.3
25	+20.4	+18.3	+15.8	+24.0	+22.6	+19.4	+22.0	+22.1	+18.7
26	+16.6	+15.8	+12.2	+25.1	+23.5	+20.3	+25.9	+24.8	+22.3
27	+21.1	+19.3	+16.6	+24.6	+23.1	+19.3	+21.4	+22.2	+17.8
28	+19.4	+18.3	+15.2	+24.2	+21.8	»	+22.1	+21.0	+15.9
29	+14.1	+13.5	+10.5	+23.9	+20.7	+16.8	+17.1	+15.6	+14.1
30	+15.1	+14.0	+10.7	+20.7	+20.4	+15.6	+24.0	+22.9	+19.5
31	+21.6	+20.4	+18.4				+26.7	+25.6	»
Moyennes	+12.72 +12.70	+11.51 +11.29	+5.85 +5.97	+18.42 +17.48	+17.20 +16.33	+11.63 +11.46	+21.23 +21.14	+20.03 +20.01	+16.35 +16.35

MAXIMA

	JUIN 1886			JUILLET 1886			AOUT 1886		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+27.1	+25.6	»	+24.8	+22.8	+19.5	+24.1	+22.8	+21.6
2	+23.7	+27.6	+23.7	+27.1	+25.7	+22.1	+29.0	+27.4	+24.2
3	+26.8	+25.4	+22.8	+29.0	+27.9	+23.8	+25.7	+24.4	+20.9
4	+24.0	+22.1	»	+28.9	+27.2	+23.9	+25.2	+23.0	+19.8
5	+22.0	+20.1	»	+28.7	+29.0	+23.6	+23.2	+21.0	+18.0
6	+23.0	+21.3	+18.0	+30.0	+29.7	+25.3	+24.6	+22.6	»
7	+22.7	+21.3	+18.2	+30.5	+26.1	+25.9	+28.8	+27.7	»
8	+23.4	+22.4	+18.0	+26.6	+20.6	+22.3	+30.9	+30.5	+26.1
9	+19.8	+18.4	+16.3	+22.9	+21.2	+17.5	+30.4	+30.4	+26.0
10	+23.9	+21.9	+18.4	+23.0	+21.6	+17.5	+31.0	+30.1	+27.3
11	+20.8	+18.6	+14.9	+23.1	+25.1	+18.7	+19.4	+18.5	+15.0
12	+23.4	+22.7	+18.7	+26.5	+21.3	+22.1	+22.9	+21.0	+17.6
13	+18.9	+17.3	+14.6	+29.4	+28.9	+24.0	+28.8	+27.9	+24.5
14	+20.8	+18.1	+14.9	+27.8	+23.3	+22.0	+26.8	+25.8	+22.7
15	+23.8	+21.7	+18.6	+24.1	+27.9	+22.9	+26.8	+23.8	+20.4
16	+19.0	+17.4	+14.7	+25.7	+21.1	+20.3	+26.6	+25.4	+21.6
17	+19.0	+18.8	+14.5	+24.8	+23.5	+21.9	+17.7	+16.2	+13.8
18	+19.0	+15.9	+11.6	+30.5	+30.2	+26.0	+16.5	+14.9	+12.9
19	+19.5	+18.2	+14.9	+32.8	+32.7	+28.0	+17.7	+16.1	+13.0
20	+18.6	+17.8	+13.3	+33.2	+34.1	+28.4	+23.9	+22.4	+19.2
21	+18.6	+15.0	+ 9.2	+33.0	+32.6	+28.6	+27.1	+25.9	+22.2
22	+19.4	+17.2	+14.3	+34.2	+34.0	+30.6	+27.1	+26.8	+23.8
23	+19.7	+19.7	+16.5	+27.1	+27.5	+23.4	+27.9	+27.5	»
24	+23.1	+22.0	+18.7	+29.0	+30.1	+25.8	+22.9	+21.3	+19.1
25	+27.8	+26.4	+22.6	+32.0	+32.9	+28.0	+24.7	+23.4	+19.5
26	+26.6	+24.4	+23.1	»	+20.9	+19.1	+23.0	+22.2	+19.4
27	+24.1	+23.0	+19.1	+23.2	+21.3	+18.1	+25.1	+23.6	+20.8
28	+25.7	+24.3	+21.3	+22.4	+20.5	+16.8	+27.7	+27.5	+23.5
29	+27.1	+25.2	+21.7	+25.1	+23.3	+20.8	+31.8	+32.0	+28.1
30	+25.9	+24.2	+19.8	+29.1	+28.0	+26.1	+31.4	+31.4	+28.5
31				+19.3	+19.0	+15.4	+30.2	+30.3	+26.8
Moyennes	+22.70 +22.51	+21.13 +20.95	+17.48 +17.48	+27.45 +27.56	+26.38 +26.52	+22.85 +22.98	+26.09 +25.76	+24.64 +24.60	+21.11 +21.42

MAXIMA

	SEPTEMBRE 1886			OCTOBRE 1886			NOVEMBRE 1886		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+31.1	+32.1	»	+23.9	+23.2	+19.4	+17.9	+17.5	+14.3
2	+31.8	+32.6	+27.6	+18.4	+17.6	+14.6	+14.4	+14.0	+11.6
3	+29.0	+29.1	»	+25.9	+25.1	+23.2	+16.6	+14.9	+11.5
4	+29.1	+29.2	»	+25.9	+25.6	+23.5	+12.4	+12.8	+10.9
5	+29.0	+28.7	+24.6	+26.6	+25.5	+23.5	+14.9	+13.3	+11.4
6	+27.8	+28.4	+26.5	+21.5	+20.5	+17.6	+14.0	+13.1	»
7	+28.1	+28.9	+24.5	+17.2	+16.4	+13.1	+ 9.7	+ 8.3	+ 7.1
8	+25.9	+24.8	+21.4	+22.1	+21.0	+18.0	»	+ 7.3	+ 5.9
9	+26.7	+25.9	+21.6	+20.3	+21.6	+16.9	+10.6	+10.1	+ 9.0
10	+28.7	+29.2	+25.7	+20.3	+18.7	+12.8	»	»	+ 7.0
11	+26.5	+25.1	+21.9	+16.1	+17.7	+14.6	+ 9.8	+ 8.6	+ 8.3
12	+26.6	+26.4	+21.8	+18.1	+17.6	+15.1	+12.4	+12.6	+ 9.1
13	+29.4	+29.9	+24.4	+19.7	+18.3	+15.4	+14.1	+14.1	+11.6
14	+29.6	+30.1	+25.2	+16.1	+15.7	+12.8	+11.0	+10.4	+ 8.5
15	+29.2	+29.9	+25.8	+16.7	+15.4	+13.3	+14.0	+12.9	+11.4
16	+26.7	+26.9	+21.8	+18.1	+16.3	+11.5	+14.4	+14.0	+10.9
17	+25.1	+25.5	+21.7	+15.1	+13.8	+10.7	+12.8	+12.5	+10.1
18	+23.7	+25.7	+20.4	+14.8	+15.7	+11.5	+13.0	+11.2	+ 9.0
19	+25.9	+24.4	+20.3	+11.1	+10.9	+10.6	+ 9.2	+ 7.8	+ 3.9
20	+25.6	+24.0	+20.1	+18.7	+17.2	+16.2	+ 9.0	+ 8.3	+ 5.1
21	+20.4	+19.0	+16.5	+15.5	+13.9	+11.4	+ 9.4	+ 8.3	+ 5.6
22	+23.8	+23.5	+19.7	+16.7	+15.4	+13.6	+ 8.1	+ 6.9	+ 5.2
23	+17.8	+16.4	+13.6	+15.1	+13.9	+11.5	+ 6.5	+ 5.3	+ 3.0
24	+17.1	+16.1	+12.4	+18.0	+17.0	»	+ 5.8	+ 4.0	+ 1.0
25	+17.6	+16.1	+12.5	+11.8	+11.3	+10.6	+ 4.7	+ 3.4	+ 0.2
26	+18.7	+17.1	+13.7	+12.8	+11.7	+11.0	+ 3.4	+ 2.7	+ 1.0
27	+20.4	+19.4	+16.7	+19.4	+18.6	+15.5	+ 4.7	+ 3.5	+ 1.0
28	+23.7	+23.0	+20.1	+14.9	+12.5	+11.0	+ 7.7	+ 6.7	+ 4.4
29	+26.0	+25.3	+23.9	+17.1	+14.8	+14.0	+ 3.2	+ 3.2	+ 4.2
30	+25.8	+25.1	+21.7	+11.4	+10.8	+11.7	+ 4.7	+ 4.9	+ 4.2
31				+13.1	+12.0	+11.3			
	+25.56	+25.26	+20.51	+17.84	+16.96	+14.53	+10.15	+9.78	+6.61
Moyennes	+24.66	+24.20	+20.51	+17.97	+17.07	+14.57	+10.46	+9.62	+6.75

MINIMA

	DÉCEMBRE 1886			JANVIER 1887			FÉVRIER 1887		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	− 1.2	+ 0.5	− 0.6	− 2.1	− 3.3	− 6.7	− 3.3	− 2.6	− 1.4
2	− 1.7	− 1.8	− 4.1	− 3.1	− 4.5	− 7.5	»	+ 3.3	+ 1.7
3	− 0.6	− 2.2	»	− 3.4	− 4.1	− 7.1	»	»	»
4	− 2.3	− 3.2	»	− 6.8	− 7.1	− 0.4	− 2.0	− 1 3	+ 2.8
5	− 4.8	− 5.6	»	− 3.8	− 3.4	− 4.4	− 2.7	+ 0.6	+ 4.4
6	»	− 3.2	− 8.5	− 1.6	»	− 3.1	− 3.3	− 0.6	+ 2.0
7	− 1.9	»	»	− 2.7	− 2.0	− 3.0	+ 1.3	+ 0.4	− 3.8
8	− 2.2	+ 0.6	−11.1	»	»	»	− 2.9	− 4.4	− 7.5
9	+ 2.4	+ 3.7	+ 2.8	0.0	− 0.3	− 1.7	− 4.1	− 5.5	− 9.9
10	+ 1.3	+ 2.6	+ 0.4	− 4.9	− 5.1	− 1 6	− 8.7	− 9.3	−12.4
11	− 2.2	+ 0.4	+ 0.7	− 2.1	− 2.6	»	− 7.5	− 8.1	−10.4
12	»	»	+ 0.5	− 5.0	− 4.8	− 7.0	»	»	»
13	+ 1.7	+ 3.8	+ 2.8	− 5.2	− 5.4	− 7.6	− 4.8	− 4.1	− 5.3
14	+ 5.7	+ 6.2	+ 3.3	− 5.3	− 7.2	− 9.0	− 5.6	− 2.9	− 1.7
15	»	»	+ 6.3	− 5.7	− 7.3	− 9.9	− 3.6	− 2.5	− 5.3
16	+ 3.9	+ 4.1	+ 3.2	−10.2	− 9.8	− 9.3	− 1.0	− 1.5	− 4.3
17	+ 4.5	+ 4.0	+ 0.7	»	»	»	− 2.3	− 3.7	− 7.5
18	»	»	+ 4.7	− 8.2	− 9.1	−10.4	− 8.2	− 8.0	− 9.7
19	+12.2	+11.4	+ 7.9	− 2.2	»	− 4.4	− 8.7	− 6.7	− 4.6
20	»	»	»	+ 0.2	− 0.1	− 1.1	+ 1 0	− 0.1	− 2.3
21	»	− 2.5	»	»	+ 1.6	− 1.0	− 0.3	− 0.1	− 3.5
22	−10.2	− 9.0	−11.1	+ 0.7	+ 0.1	− 2.6	+ 0.2	+ 0.4	− 2.0
23	− 8.7	»	−11.5	− 1.4	− 2.3	− 5.0	+ 1.1	+ 2.0	+ 0.4
24	− 6.9	− 5.8	− 1.9	− 2.3	− 3.2	− 5.9	− 3.5	− 1.4	− 3.6
25	− 3.4	»	− 1.6	− 5.3	− 4.5	− 2.6	− 1.0	+ 2.2	+ 2.7
26	− 5.3	− 3.7	− 2.9	− 2.3	+ 0.5	− 3.4	+ 4.7	+ 3.6	+ 0.5
27	»	»	− 1.9	− 2.3	0.0	+ 0.3	− 0.3	− 1.3	− 3.5
28	− 0.5	+ 0.1	− 2.2	− 2.8	− 0 6	+ 1.4	− 3 0	− 2.0	− 2.5
29	+ 1.0	+ 2.4	− 0.2	− 3.2	− 3.6	− 1.2			
30	+ 1.7	»	− 0.2	− 3.5	− 5.4	− 1.9			
31	+ 0 3	− 0.5	»	− 5.0	− 2.4	+ 0.9			
Moyennes	−0.45 +0.19	+0.75 +1.35	- 1.09 −1.18	−3.55 −3.79	−3.63 −3.95	−4.07 −4.23	−2.74 −2.74	−2 06 −2.28	−3.33 −3.54

MINIMA.

	MARS 1887			AVRIL 1887			MAI 1887		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	− 3.7	0.0	+ 0.6	− 0.5	+ 1.1	+ 0.6	+ 8.7	+ 9.7	+ 8.7
2	− 3.2	− 0.5	+ 1.5	»	»	− **1.7**	+ 9.4	+13.3	+12.2
3	− **3.2**	+ **0.4**	+ *3.0*	»	+ **2.3**	− *1.0*	+11.8	+13.3	+11.8
4	− **3.3**	+ **0.7**	»	+ **0.6**	+ **2.5**	»	+ 6.3	+ 6.9	+ 5.0
5	− 3.7	+ 0.7	+ 2.5	+ **9.1**	+ **8.6**	»	+ 7.1	+10.1	+ 8.8
6	− 2.8	+ 0.8	+ 3.3	+ **5.7**	+ **5.1**	+ *1.5*	+11.4	+10.4	+ 7.2
7	− 1.7	+ 1.0	+ 4.2	+ **7.7**	+ **5.0**	»	+ **9.3**	+ **8.4**	»
8	0.0	+ 3.4	+ 4.5	+ **6.3**	»	+ **2.7**	+ 8.6	+ 7.3	+ 3.8
9	+ 2.3	+ 5.9	+ 4.6	+ 5.8	+ 5.3	+ 1.7	+ 7.4	+ 6.4	+ 2.9
10	+ 4.8	+ 4.8	+ 3.8	+ **3.0**	+ **3.3**	+ *1.3*	+11.2	+ 9.7	+ 6.8
11	+ 4.7	+ 4.0	+ 0.8	+ **3.6**	+ **4.8**	»	+ 9.7	+ 8.6	+ 5.2
12	+ 3.6	+ 4.0	+ 1.5	+ 4.0	+ 5.2	+ 5.0	+10.8	+ 9.6	+ 5.7
13	»	»	− *5.1*	+ 8.2	+ 7.3	+ 4.9	+ 7.6	+ 5.9	+ 2.8
14	− 3.9	− 5.4	− 8.0	+ 8.6	+ 7.8	+ 4.4	+ 4.3	+ 2.3	+ 0.0
15	− 5.7	− 7.1	− 9.5	0.0	− 1.3	− 4.2	+ 8.2	+ 4.9	+ 2.4
16	− 3.9	− 4.9	− 7.9	+ 0.7	− 0.6	− 3.2	+ 6.3	+ 6.0	+ 3.2
17	−13.5	− 9.1	− 9.7	− 0.8	− 1.8	− 3.9	+ 5.7	+ 5.9	+ 4.5
18	− 8.3	− 9.3	− 8.7	− 1.0	− 1.0	− 3.2	+ 6.5	+ 6.5	+ 4.5
19	− 8.5	− 8.3	− 9.1	− 0.3	+ 2.7	+ 0.2	+ 6.9	+ 7.2	+ 2.8
20	− 1.6	− 2.9	− 5.3	+ 2.3	+ 5.0	+ 5.2	+ 3.7	+ 4.6	+ 5.3
21	+ 2.7	+ 3.6	+ 2.6	+ 8.1	+ 8.7	+ 6.9	+ 2.7	+ 2.2	+ 0.1
22	»	»	+ **4.9**	+ 2.6	+ 5.5	+ 7.8	+ **4.7**	»	+ **0.6**
23	+ 6.3	+ 6.3	+ 3.8	+ 4.6	+ 6.5	+ 6.6	+ 4.1	+ 2.3	− 0.6
24	+ 7.8	+ 7.8	+ 5.9	+ 9.1	+10.0	+ 8.6	+ 4.0	+ 3.8	+ 2.1
25	+ 5.8	+ 4.1	+ 1.0	+ 5.7	+ 6.2	+ 4.3	+ 3.7	+ 4.9	+ 3.7
26	+ 4.7	+ 3.2	+ 1.4	+ 8.6	+ 6.2	+ 5.1	+ 6.2	+ 6.0	+ 3.6
27	+ 0.2	+ 1.6	+ 1.0	+ 3.6	+ 4.3	+ 4.0	+ 5.2	+ 6.0	+ 3.8
28	+ 5.3	+ 5.8	+ 2.7	+ 6.1	+ 8.7	+ 8.0	+ 5.1	+ 4.9	+ 4.7
29	+ 3.6	+ 2.1	− 0.2	+13.6	+13.0	+10.5	+ 9.0	+10.2	+ 7.5
30	+ 3.0	+ 2.1	− 1.3	+12.4	+13.5	+10.1	+10.8	+10.6	+ 7.8
31	+ 1.8	+ 0.5	− 2.5				+11.6	+12.5	+ 7.8
Moyennes	−0.35	+0.53	−0.41	+4.91	+5.14	+3.50	+7.35	+7.35	+4.82
	−0.14	+0.53	−0.61	+4.83	+5.35	+3.78	+7.3[illegible]	+7.31	+4.98

MINIMA

	JUIN 1887			JUILLET 1887			AOUT 1887		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+13.0	+13.5	+12 4	+16.2	+15.4	+11.3	+15.5	+18.6	+14.7
2	+11.8	+12.4	+ 9.2	+14.6	+16.3	»	+16.2	+15.6	+12.7
3	+11.8	»	+ 6.2	+14.4	+16.9	+13.2	+16.3	+15.3	+12.4
4	+ 8.2	+10.3	+ 9.4	+13.8	+17.3	+17.7	+13.2	+12.8	+10.2
5	+12.7	+14.0	»	+16.9	+18.4	+15.6	+11.4	+12.9	+13.7
6	+11.3	+12.0	+10.7	+16.6	+14.9	+11.3	+14.6	+16.6	+17.5
7	+11.7	+13.8	+10.8	+12.8	+11.9	+ 8.1	+16.4	+17.4	+18.0
8	+11.8	+14.3	+13.5	+ 9.7	+12.9	+13.8	+15.0	+17.6	+15.8
9	+12.8	+16.1	+15.6	+17.6	+16.9	+14.6	+16.0	+18.7	+18.7
10	+12.4	+16.0	+12.6	+16.9	+17.3	+13.7	+16.1	+19.0	+17.1
11	+12.8	+11.9	+ 7.9	+16.6	+17.3	+13.6	+13.0	+12.2	+ 8.9
12	+ 8.7	+10.5	+ 7.9	+15.4	+16.9	+15.2	+12.1	+11.5	+ 8.9
13	+11.2	+13.5	+ 7.6	+15.2	+16.7	+16.9	+12.3	+14.6	+14.4
14	+11.3	+13.5	+ 8.1	+16.6	+17.3	+17.7	+14.9	+14.7	+12.8
15	+11.9	+14.8	+15.5	+17.8	+18.2	+16.1	+13.9	+14.4	+11.5
16	+15.7	+17.6	+16.3	+17.2	»	+15.1	+16.0	+15.4	+12.3
17	+16.2	+15.8	+13.2	+14.4	+15.3	+12.0	+13.8	+14.2	+11.5
18	+13.9	+13.0	+ 9.2	+15.5	+14.8	+12.2	+11.8	+11.4	+ 9.0
19	+10.8	+13.0	+11.8	+16.7	+15.6	+12.3	+10.9	+11.3	+ 5.9
20	+10.8	+15.9	+13.4	+15.8	+15.4	+12.2	+ 9.6	+10.4	+ 7.9
21	+15.5	+15.4	+11.2	+17.7	+17.2	+14.4	+10.7	+ 9.2	+ 5.8
22	+10.4	+10.4	+ 6.4	+18.3	+18.0	+14.7	+ 9.5	+ 9.4	+ 6.6
23	+10.0	+11.7	+11.0	+15.3	+15.7	+13.2	+ 7.4	+ 8.5	+ 9.3
24	+12.2	+14.5	+15.1	+13.4	+14.8	+13.4	+ 7.2	+12.7	+13.9
25	+16.8	+17.5	+15.8	+15.1	+16.3	+17.4	+11.0	+15.2	+16.3
26	+14.4	+15.7	+14.3	+17.2	+15.9	+14.2	+14.0	+14.9	+15.7
27	+14.8	+15.3	+11.9	+14.9	+15.8	+15.5	+15.4	+15.7	+14.7
28	+14.4	+14.4	+10.3	+16.8	+17.9	+16.2	+17.8	+18.7	+18.0
29	+13.1	+12.3	+ 7.4	+15.6	+16.8	+16.1	+14.0	+13.6	+12.5
30	+11.8	+10.9	+ 5.3	+16.2	+18.0	+18.8	+12.1	+12.8	+14.9
31				+15.6	+16.8	+14.9	+12.6	+15.4	+16.2
Moyennes	+12.47	+13.79	+11.09	+15.70	+16.30	+14.49	+13.25	+14.38	+12.83
	+12.65	+13.91	+11.27	+15.67	+16.33	+14.46	+13.37	+14.38	+13.01

MINIMA

	SEPTEMBRE 1887			OCTOBRE 1887			NOVEMBRE 1887		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+15.4	+15.4	+13.4	+ 2.0	+ 3.3	+ 6.2	+ 0.5	+ 1.3	+ 0.5
2	+19.3	»	+12.2	+ 2.6	+ 4.2	+ 4.5	+ 3.5	+ 4.4	+ 3.8
3	+13.9	+14.3	+12.3	+ 3.5	+ 5.3	+ 3.5	— 1.6	+ 0.4	+ 0.9
4	+15.2	+15.2	+14.1	+ 7.8	+ 7.3	+ 3.3	+ 7.1	»	+ 5.6
5	+14.3	+16.2	+11.9	+ 8.8	+ 8.4	+ 5.5	+ 1.2	+ 2.3	+ 2.9
6	+11.7	+14.0	+12.0	+ 9.6	+ 8.9	+ 6.1	+ 1.1	+ 2.0	+ 1.4
7	+13.5	»	+13.7	+ 9.0	+ 8.0	+ 4.9	+ 8.2	+ 7.1	+ 3.8
8	+11.8	+12.5	+ 9.7	+ 6.2	+ 7.5	+ 4.5	+ 0.8	+ 3.1	+ 3.7
9	+12.3	+11.4	+ 9.4	+ 1.1	+ 3.1	+ 4.2	+ 0.7	+ 1.1	+ 2.4
10	+ 9.8	+10.9	+ 9.3	+10.2	+11.4	+ 8.9	+ 2.7	+ 3.3	+ 2.8
11	+ 7.8	+10.2	+10.2	+ 2.6	+ 5.0	+ 2.1	+ 2.3	+ 3.0	+ 2.3
12	+12.5	+12.8	+11.9	+ 2.3	+ 2.5	+ 2.5	+ 3.2	+ 2.2	+ 1.0
13	+11.1	+14.3	+10.5	— 1.2	+ 0.9	+ 1.8	— 2.4	— 1.3	+ 2.1
14	+ 7.2	+ 7.7	+ 7.4	0.0	+ 1.1	— 0.6	»	»	»
15	+ 6.6	+ 7.9	+ 9.1	+ 1.1	0.0	»	+ 3.0	+ 1.5	— 0.5
16	+ 5.4	+ 8.0	+11.1	0.0	— 1.0	— 2.8	— 2.3	— 3.1	— 6.1
17	+ 6.2	+ 8.0	+11.4	+ 0.5	+ 0.5	— 1.2	— 3.5	— 4.1	— 5.5
18	+ 8.3	+11.0	+14.1	+ 4.7	+ 3.3	+ 1.3	— 0.2	— 0.2	»
19	+12.0	+11.0	+ 7.8	+ 1.2	+ 3.4	+ 1.5	+ 6.1	+ 6.9	+ 5.0
20	»	+ 9.3	+ 3.2	+ 1.6	+ 2.8	+ 1.9	+ 4.1	+ 3.5	+ 1.1
21	+11.2	+10.4	+ 7.7	+ 1.2	+ 1.3	+ 0.2	+ 3.4	+ 1.7	— 0.3
22	+ 6.7	+ 6.0	+ 4.6	+ 1.6	+ 2.4	+ 0.1	— 2.5	— 2.2	— 1.4
23	+ 6.1	+ 7.2	+ 8.4	— 1.7	— 0.6	— 1.7	+ 2.2	— 0.7	+ 0.3
24	+ 8.1	+ 6.7	+ 5.4	+ 3.3	+ 4.7	— 4.0	+ 1.2	+ 2.3	»
25	+ 4.7	+ 3.6	+ 2.4	+ 2.3	+ 0.8	— 1.6	+ 5.8	+ 5.1	+ 4.5
26	+ 4.8	+ 3.7	+ 2.5	+ 0.1	— 1.1	— 2.9	+ 2.7	+ 2.7	+ 0.6
27	»	+ 2.0	+ 7.5	— 3.9	— 4.7	— 7.6	+ 0.8	— 1.2	+ 3.0
28	+ 6.3	+ 7.3	+ 6.6	— 6.8	— 4.1	— 3.2	— 0.8	— 2.1	+ 2.9
29	+ 3.8	+ 4.5	+ 3.9	+ 1.8	+ 2.0	+ 0.3	— 0.3	— 1.2	+ 2.3
30	+ 5.6	+ 7.0	+ 6.0	+ 3.6	+ 5.6	+ 5.8	+ 0.7	+ 2.8	+ 1.7
31				+ 3.4	+ 3.9	+ 5.2			
Moyennes	+9.70 +9.18	+9.59 +9.89	+8.99 +8.97	+2.52 +2.59	+2.95 +3.17	+1.63 +1.63	+1.68 +1.51	+1.55 +1.44	+1.09 +1.18

MAXIMA

	DÉCEMBRE 1886			JANVIER 1887			FÉVRIER 1887		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+ 5.8	+ 4.8	+ 1.4	+ 0.1	— 1.6	— 4.7	+ 6.3	+ 7.3	+ 5.2
2	+ 5.0	+ 4.2	+ 1.4	— 1.3	— 2.4	— 5.1	+ 7.5	+ 7.5	+ 3.9
3	+ 0.7	— 1.2	»	— 1.6	— 2.4	+ 1.1	+10.0	+10.0	+ 8.8
4	+ 0.7	+ 0.3	»	+ 4.1	+ 3.1	+ 1.0	+11.1	+10.3	+ 7.3
5	— 0.3	— 1.3	— 3.3	+ 2.8	+ 2.1	0.0	+11.5	+12.0	+ 7.4
6	+ 2.7	+ 2.1	»	+ 4.0	+ 4.1	+ 3.9	+10.3	+ 9.5	+ 7.6
7	+ 7.9	+ 7.8	+ 5.3	+ 3.6	+ 2.5	»	+ 7.4	+ 5.3	+ 2.0
8	+ 8.9	+ 7.6	+ 6.4	+ 5.6	+ 4.8	+ 4.1	+ 4.7	+ 3.0	+ 0.1
9	+10.1	+ 8.4	+ 5.5	+ 2.4	+ 3.9	+ 2.2	+ 0.6	— 1.2	— 3.6
10	+ 8.7	+ 6.9	+ 3.9	+ 4.8	+ 3.7	+ 0.3	+ 0.5	— 2.1	— 5.3
11	+ 8.6	+ 7.8	+ 7.7	+ 0.2	+ 0.5	— 2.4	+ 0.5	— 0.7	— 2.5
12	+13.3	+13.1	+10.9	— 2.6	— 3.0	— 1.4	+ 6.1	+ 6.2	+ 3.0
13	+11.4	+11.2	+ 9.5	— 2.6	— 3.1	— 5.4	+ 7.1	+ 3.8	+ 4.6
14	+12.8	+12.3	+10.5	— 2.6	— 4.1	— 5.8	+ 4.2	+ 5.1	+ 4.2
15	+14.4	+13.1	+10.4	— 4.1	— 4.9	— 7.8	+ 1.0	— 0.3	— 1.7
16	+12.2	+11.5	+10.1	— 2.6	— 4.0	— 3.4	+ 2.1	+ 0.9	— 2.9
17	+10.2	+ 9.9	+14.4	— 2.3	— 3.7	— 5.8	+ 0.9	— 0.4	— 3.7
18	+15.4	+14.1	+12.0	— 0.2	+ 0.3	+ 3.6	+ 3.4	+ 1.1	— 0.7
19	+15.1	+14.3	»	+ 2.4	+ 2.2	+ 4.1	+ 7.5	+ 6.6	+ 3.2
20	»	»	»	+ 4.2	+ 5.3	+ 5.6	+ 3.1	+ 2.2	— 0.6
21	»	»	— 5.9	+ 3.6	+ 2.3	+ 0.5	+ 5.1	+ 3.5	0.0
22	+ 1.8	— 2.4	— 5.9	+ 2.1	+ 1.3	— 0.4	+ 9.8	+ 8.2	+ 4.4
23	+ 3.6	+ 3.3	+ 3.1	0.0	— 0.8	— 1.4	+10.2	+ 9.8	+ 5.7
24	»	»	+ 3.7	+ 3.2	+ 1.5	+ 5.2	+15.5	+14.6	+11.4
25	+ 6.1	+ 4.2	+ 1.4	+ 6.4	+ 6.8	+ 3.9	+17.2	+16.1	+14.3
26	+ 4.0	»	+ 5.2	+11.4	+10.1	+ 8.9	+11.4	+10.3	+ 6.6
27	+ 7.0	»	+ 3.7	+11.1	+10.1	+ 7.3	+ 9.5	+ 8.2	+ 4.6
28	+ 6.6	+ 5.2	+ 3.7	+ 9.2	+ 7.7	+ 8.9	+10.7	+10.8	+ 8.6
29	+ 7.6	+ 5.6	+ 3.1	+ 4.7	+ 4.1	+ 3.0			
30	+ 5.2	»	+ 1.1	+ 6.1	+ 6.5	+ 5.9			
31	+ 2.7	+ 2.2	— 1.1	+ 6.4	+ 6.1	+ 7.9			
Moyennes	+6.76	+5.76	+5.60	+2.56	+1.91	+1.41	+6.78	+5.82	+3.08
	+8.44	+7.15	+5.52	+2.56	+1.93	+1.23	+6.78	+5.76	+3.05

MAXIMA

	MARS 1887			AVRIL 1887			MAI 1887		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+14.6	+12.4	+ 9.4	+ 7.1	+ 6.4	+ 4.3	+25.6	+24.1	+18.4
2	+14.4	+12.4	+ 9.5	+10.5	+ 9.1	+ 7.2	+27.1	+25.1	+21.4
3	+15.5	+14.0	»	+15.4	+13.1	»	+24.1	+23.1	+19.9
4	+14.4	+13.2	+12.4	+21.1	+19.2	»	+22.4	+20.1	+16.8
5	+16.7	+14.9	+12.3	+14.0	+12.3	+10.2	+23.1	+22.0	+18.3
6	+17.6	+16.2	+13.5	+11.1	+ 8.5	»	+22.7	+21.1	+17.1
7	+18.3	+16.6	+13.9	+12.6	+11.7	+ 7.5	+16.2	+13.4	+10.1
8	+18.2	+17.1	+13.9	+11.8	+ 9.3	+ 7.7	+12.2	+12.0	+ 8.0
9	+17.1	+16.3	+13.6	+15.4	+13.0	+10.2	+18.2	+16.4	+13.6
10	+15.8	+14.9	+13.8	+17.8	+16.6	»	+22.0	+19.8	+16.9
11	+16.1	+15.2	+10.5	+19.3	+17.4	+13.0	+20.6	+18.3	+15.5
12	+14.9	+13.7	+ 9.8	+17.0	+14.8	+12.1	+18.0	+15.1	+10.9
13	»	»	»	+18.1	+16.8	+13.3	+14.4	+11.5	+ 7.9
14	+ 0.9	+ 2.0	— 5.2	+13.0	+10.8	+ 7.6	+12.8	+10.8	+ 7.2
15	+ 1.5	— 0.7	— 4.2	+ 6.4	+ 4.3	+ 1.9	+15.8	+12.3	+ 8.5
16	+ 0.1	— 2.5	— 4.7	+ 9.2	+ 7.5	+ 3.8	+15.8	+14.0	+10.3
17	+ 2.6	— 0.8	— 3.9	+10.2	+ 8.0	+ 5.2	+18.0	+16.5	+12.8
18	+ 1.5	+ 0.3	— 1.3	+12.6	+10.5	+ 7.9	+18.7	+15.9	+13.7
19	+ 3.1	+ 1.8	0.0	+17.1	+15.2	+12.5	+18.1	+15.2	+12.9
20	+ 9.8	+ 8.2	+ 4.7	+21.2	+18.9	+16.7	+17.1	+15.0	+11.5
21	+14.0	+11.8	+10.1	+20.3	+18.5	+16.4	+13.0	+12.1	+ 8.6
22	+14.0	+14.0	+10.8	+22.4	+20.6	+18.3	+13.6	+11.3	+ 7.4
23	+12.6	+11.0	+ 8.7	+23.1	+21.8	+18.5	+11.8	+10.6	+ 7.5
24	+18.0	+16.0	+13.4	+20.7	+19.0	+17.9	+17.1	+14.6	+10.9
25	+14.8	+12.1	+ 9.7	+18.1	+17.4	+13.3	+15.0	+14.4	+10.2
26	+13.0	+10.4	+ 7.1	+16.8	+13.9	+11.6	+13.4	+11.8	+ 8.7
27	+13.0	+12.3	+ 9.0	+19.4	+18.1	+15.9	+16.8	+15.1	+11.5
28	+13.8	+11.6	+ 9.3	+23.6	+21.4	+17.8	+19.8	+19.1	+14.8
29	+11.1	+ 8.9	+ 5.9	+23.0	+20.8	+17.6	+22.4	+21.7	+15.9
30	+11.7	+10.1	+ 7.5	+24.1	+22.0	+18.4	+25.9	+23.6	+19.8
31	+11.4	+10.0	+ 6.8				+25.9	+24.7	+19.7
Moyennes	+11.95 +11.73	+10.46 +9.90	+7.28 +7.15	+16.66 +17.09	+14.98 +15.27	+12.60 +12.44	+18.63 +18.89	+16.98 +17.40	+13.22 +13.42

MAXIMA

	JUIN 1887			JUILLET 1887			AOUT 1887		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+25.9	+25.1	+20.7	+28.1	+27.4	»	+27.2	+25.3	+22.4
2	+19.4	+19.8	+16.3	+29.4	+29.2	+25.9	+27.8	+26.0	+23.4
3	+21.2	+20.3	+17.6	+31.9	+31.8	+28.4	+25.8	+24.2	+21.0
4	+25.1	+24.2	»	+31.9	+31.1	+27.3	+26.6	+24.5	+21.6
5	+23.2	+21.3	+17.4	+28.9	+30.3	+25.5	+29.0	+27.7	+24.5
6	+24.7	+22.3	+18.9	+23.4	+22.8	+19.0	+32.0	+30.8	+26.1
7	+25.2	+23.4	+19.9	+25.5	+24.8	+20.6	+32.1	+31.1	+27.3
8	+27.7	+25.9	+22.3	+31.1	+31.4	+26.1	+33.1	+32.0	+28.8
9	+29.9	+28.1	+24.4	+29.6	+30.0	+24.1	+32.1	+30.7	+27.6
10	+25.7	+24.1	+20.5	+26.4	+27.1	+23.0	+30.4	+28.8	+26.2
11	+23.6	+22.2	+18.5	+29.1	+28.1	+23.6	+23.9	+22.4	+18.9
12	+25.1	+23.4	+19.9	+29.2	+28.8	+24.4	+25.7	+24.0	+21.3
13	+28.8	+27.1	+23.6	+33.0	+33.5	+28.4	+24.0	+22.6	+23.5
14	+31.6	+30.5	+26.1	+32.1	+31.9	+27.8	+27.4	+25.9	+23.6
15	+32.5	+31.4	+26.8	+31.8	+32.0	+28.0	+28.0	+26.0	+22.6
16	+31.5	+30.0	+26.5	+27.2	+24.6	+21.9	+24.2	+22.8	+20.7
17	+29.0	+27.4	+23.4	+26.0	+22.9	+21.6	+26.7	+24.7	+22.0
18	+28.0	+26.2	+22.7	+20.7	+18.1	+15.4	+20.3	+17.4	+14.2
19	+30.8	+30.4	+25.1	+26.0	+23.2	+21.3	+21.2	+18.4	+16.4
20	+31.6	+30.2	+25.7	+25.7	+23.2	+21.5	+18.0	+16.4	+13.0
21	+24.1	+23.1	+18.8	+28.6	+27.1	+23.9	+19.2	+17.2	+13.9
22	+24.7	+23.8	+20.6	+29.8	+27.6	+24.8	+21.4	»	+15.6
23	+29.2	+28.2	+24.5	+25.9	+23.6	+21.1	+24.6	+24.1	+20.8
24	+31.5	+31.1	+27.1	+29.0	+27.3	+23.9	+28.7	+26.8	+23.5
25	+29.7	+29.2	+24.9	+29.7	+28.2	+26.1	+28.6	+28.3	+24.6
26	+27.1	+25.6	+21.8	+29.0	+25.9	+23.5	+28.2	+27.6	+23.6
27	+25.7	+24.8	+20.7	+27.2	+25.0	+23.9	+28.4	+27.0	+24.4
28	+26.6	+26.1	+21.9	+29.0	+27.0	+23.9	+28.7	+26.9	+23.9
29	+20.6	+20.1	+16.3	+30.4	+28.5	+25.4	+25.4	+24.0	+22.3
30	+24.8	+23.6	+19.9	+32.0	+31.4	+29.0	+27.9	+26.9	+23.9
31				+32.2	+30.9	+27.3	+29.0	+27.4	+23.9
Moyennes	+26.82 +27.22	+25.81 +26.04	+21.98 +22.14	+28.70 +28.75	+27.67 +27.62	+24.16 +24.24	+26.63 +26.81	+25.26 +25.26	+22.41 +22.33

MAXIMA

	SEPTEMBRE 1887			OCTOBRE 1887			NOVEMBRE 1887		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+27.6	+26.3	+22.7	+17.2	+15.9	+13.4	+ 8.9	+10.1	+ 8.0
2	+26.6	+25.2	+22.3	+14.9	+14.5	+10.4	+12.6	+12.4	+10.7
3	+21.0	+18.9	+16.0	+16.6	+15.2	+12.6	+10.0	+ 9.0	+ 8.1
4	+27 6	+26 0	+22.4	+15.8	+15.1	+12.5	+ 9.7	+ 8.4	»
5	+26.8	+25.6	+22.7	+14.4	+13.6	+10.4	+ 9.2	+10.0	+ 8.0
6	+27.6	+26.6	+23.4	+13.6	+12.2	+ 8.6	+11.6	+11.4	+ 8.1
7	+20.9	+21.6	+17.4	+15.9	+15.0	+11.4	+11.6	+11 3	+ 8.4
8	+20.9	+19.0	+15.8	+16.1	+15.3	+12.1	+12.7	+12.0	+11.0
9	+19.9	+19.0	+16.7	+17.0	+16 3	+13.6	+12.5	+11.4	+10.5
10	+22.1	+20.8	+17.5	+16.6	+17.2	+13.7	+ 9.8	+11.0	+ 6.4
11	+22.4	+21.1	+18.2	+12.8	+12.2	+ 9.2	+ 7.6	+ 7.6	+ 4.4
12	+23.0	+22.0	+18.7	+13.0	+13.3	+10.7	+ 8.9	+ 7.9	+ 4.3
13	+21.0	+20.4	+16.8	+12.4	+12.3	+ 9.6	»	»	+ 3.1
14	+19.4	+18.3	+14.4	+ 9.5	+ 7.4	»	+15.6	+14.6	+12.4
15	+20.6	+19.4	+17.2	+ 7.2	+ 5.1	+ 4.3	+ 4.7	+ 3.1	— 0.2
16	+22.0	+20.5	+17.6	+ 7.0	+ 6.1	+ 3.3	+ 1.7	+ 0.2	— 2.7
17	+24.2	+23.4	+21.5	+ 9.2	+ 7.1	+ 4.1	+ 2.7	+ 2.0	+ 0.6
18	+26.8	+25.6	+22.8	+12.1	+10.3	+ 7.3	+11.7	+11.8	+10.3
19	+17.2	+15.5	+11.8	+11.2	+ 8.9	+ 6.5	+10.1	+ 9.5	+ 7.6
20	+16.4	+14.8	+12.4	+12.6	+10.1	+10.7	+ 6.6	+ 5.9	+ 2.6
21	+20.4	+19.1	+15.6	+10.0	+ 9.1	+ 7.1	+ 6.3	+ 5.1	+ 2.8
22	+20.1	+19.4	+16.8	+10.5	+ 9.6	+ 7.1	+ 4.0	+ 4.1	+ 4.7
23	+21.5	+20.2	+16.6	+16.4	+15.9	+12.5	+ 4.6	+ 3.5	+ 3.5
24	+16.9	+16.5	+12.9	+14.7	+15.0	+12.0	+ 8.0	+ 7.9	+ 9.6
25	+16.4	+15.3	+12.4	+ 4.8	+ 3.1	+ 0.4	+10.8	+10.0	+ 7.0
26	+17.8	+16.6	+13.0	+ 6.0	+ 4.6	+ 0.6	+ 9.7	+ 9.1	+ 5.5
27	+16.2	+17.4	+13.7	+ 5.5	+ 4.8	+ 1.3	+ 3.6	+ 4.4	+ 6.5
28	+17.2	+16.4	+12.7	+ 6.3	+ 5.8	+ 4.4	+ 9.2	+ 8.4	+ 5.4
29	+17.5	+16.0	+12.5	+13.7	+11.5	+13.2	+ 9.9	+ 9.7	+11.5
30	+17.2	+17.0	+13.8	+15.5	+14.7	+12.4	+ 5.3	+ 4.0	»
31				+ 8.1	+ 8.1	+ 7.9			
	+21.52	+19.92	+16.94	+11.97	+11.04	+8.70	+7.96	+7.72	+5.82
Moyennes	+21.35	+20.49	+17.02	+12.25	+11.40	+8.70	+8.08	+7.66	+5.56

MINIMA

	DÉCEMBRE 1887			JANVIER 1888			FÉVRIER 1888		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	»	»	»	—14.5	—12.4	—12.6	— 7.2	— 8.3	—12.5
2	+ 0.6	— 0.1	— 2.9	— 1.3	+ 2.5	— 0.8	— 0.7	— 1.9	— 4.1
3	— 0.8	— 1.7	— 1.5	— 0.0	+ 1.9	— 0.1	— 9.5	— 6.8	— 6.4
4	— 1.2	— 1.5	»	— 3.7	— 2 0	— 1.5	— 6.8	— 8 4	»
5	— 2.2	— 0.5	+ 3.5	+ 4.7	»	»	— 3.2	— 3.0	— 6.0
6	+ 0.8	+ 2.3	+ 2.0	+ 2.7	+ 3.2	+ 2.6	+ 1.8	+ 1.3	— 0.6
7	+ 3.7	+ 3.6	+ 1.0	+ 1.6	+ 1.0	+ 1.3	+ 2.7	+ 2.8	— 1.1
8	+ 0.9	+ 1.3	— 0.6	+ 2.5	+ 2.6	+ 2.5	+ 2.1	+ 2.0	— 0.1
9	+ 4.1	+ 3.2	+ 1.0	— 1.0	— 0.4	+ 1.5	+ 2.1	+ 2.8	0.0
10	»	»	»	+ 5.4	+ 4.3	+ 1 2	+ 0.4	+ 2.5	+ 1.9
11	+ 6 3	+ 5.0	+ 2.4	+ 3.7	+ 2.9	— 0.5	+ 2.5	+ 3.5	+ 2.2
12	— 1.8	— 0.7	— 1.0	+ 2.2	+ 1.4	— 0.8	— 1.7	+ 0.8	+ 0.2
13	— 1.3	— 0.9	— 2.2	+ 2.1	+ 0.7	— 2.9	+ 4.2	+ 3.3	— 0.6
14	+ 8.8	+ 7.9	+ 6.3	— 4.5	— 4.8	— 6.9	— 2.8	— 1.9	— 1.3
15	+ 1.6	+ 3.3	+ 2.0	— 6.4	— 6.0	— 7.6	+ 0.1	— 0.7	— 2.8
16	+ 3.1	+ 3.3	+ 3.2	— 3.2	— 3.7	— 6.6	— 0.2	— 1.2	— 8.9
17	+ 4.4	+ 6.5	+ 4.3	— 2.9	— 1.8	— 2.9	— 0.8	— 2.2	— 4.4
18	+ 3.1	+ 4.1	+ 1.8	— 5.4	— 4.2	— 5.2	— 1.7	— 2.4	— 4.2
19	+ 1.2	+ 1.9	+ 0.1	— 5.1	— 5.8	— 8.6	— 3.3	— 4.2	— 6.5
20	— 0.5	— 0.4	— 3.4	— 6.0	— 6.7	— 9.3	— 3.7	— 4.3	— 7.7
21	— 0.6	— 0.4	— 2.4	— 5.3	— 6.5	— 8.8	— 3.7	— 4.1	— 6.9
22	— 3.3	— 3.0	— 4.6	»	»	»	— 5.2	— 5.2	— 6.1
23	— 3.4	— 4.1	— 6.9	+ 1.6	+ 2.0	+ 1.6	— 3.6	— 4.3	— 6.9
24	— 2.5	— 4.2	— 6.1	+ 2.6	+ 0.5	— 0.3	— 1.2	— 2.4	— 5.0
25	— 1.3	— 2.0	— 3.0	— 0.7	— 1.8	— 3.8	— 3.6	— 4.3	— 7.3
26	— 5.6	— 6.3	— 4.6	— 3.2	— 4 8	— 5.8	— 3.3	— 4.3	— 7.4
27	— 9.6	—11.8	—12.4	+ 0.3	— 1.0	— 2.0	— 3.0	— 3.7	— 4.6
28	— 8.3	— 9.6	—12.0	— 2.2	— 3 2	— 6.1	— 0 7	— 1.4	— 4.6
29	—11.5	—11.1	—13.5	— 4.1	— 4.5	»	— 1.9	— 3.2	— 5.9
30	— 9.7	—10.5	—12.9	— 6.6	— 6.5	— 9.3			
31	—10 0	— 9.6	—11.2	—12.5	—11.7	—12.9			
Moyennes	—1.33 —2.52	+1.58 —2.68	- 3.74 —4.27	—2.53 —1.77	—1.80 —1.71	—3.33 —3.28	—1.34 —1.16	—2 23 —1.56	—3.77 —4.11

MINIMA.

	MARS 1888			AVRIL 1888			MAI 1888		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	— 2.2	— 3.2	— 6.0	+ 1.3	+ 2.6	+ 2.3	+10.2	+ 9.6	+ 8.3
2	— 4.7	— 5.9	— 7.6	+ 2.2	+ 4.1	+ 2.4	+ 6.3	+ 7.2	+ 5.7
3	— 3.6	— 4.7	»	+ 5.3	+ 4.2	+ 1.7	+ 5.8	+ 8.4	+ 7.9
4	— 3.2	— 4.2	— 6.7	+ 2.4	+ 1.4	— 1.1	+ 6.1	+ 6.9	+ 4.0
5	— 1.9	— 2.6	— 6.5	+ 0.6	0.0	— 2.3	+ 3.1	+ 4.6	+ 4.8
6	— 1.2	— 1.0	— 3.1	+ 1.3	+ 0.1	— 2.7	+ 6.1	+ 7.4	+ 7.0
7	— 0.3	— 0.6	— 0.8	+ 0.4	— 0.8	— 3.0	+ 7.4	+ 9.6	+ 1.7
8	— 4.2	— 2.0	— 1.4	+ 0.5	— 0.5	— 2.8	+ 6.5	+ 9.4	+12.9
9	+ 2.7	+ 3.0	+ 2.1	— 2.2	— 1.0	— 1.0	+ 9.2	+11.6	+12.2
10	+ 8.7	+ 7.9	»	+ 1.3	+ 1.1	— 2.9	+12.2	+11.4	+ 8.4
11	+ 6.4	+ 7.0	+ 4.5	+ 0.4	— 0.1	— 3.5	+ 7.3	+ 6.1	+ 2.9
12	— 0.3	+ 1.3	+ 1.1	+ 2.0	+ 1.0	— 2.0	+ 5.0	+ 5.1	+ 1.5
13	+ 4.1	+ 4.1	+ 1.5	+ 1.4	+ 1.4	— 1.0	+ 3.9	+ 6.0	+ 4.6
14	— 0.2	+ 2.9	+ 2.1	+ 4.3	+ 5.8	+ 5.9	+ 8.3	+12.2	+ 9.3
15	+ 6.1	+ 5.2	+ 2.1	+ 9.3	+ 8.8	+ 7.0	+11.3	+10.9	+ 9.6
16	+ 1.1	+ 3.6	+ 2.7	+ 7.7	+ 8.8	+ 7.1	+ 9.8	+11.8	+12.0
17	+ 0.8	»	+ 0.5	+10.3	+ 9.2	+ 6.0	+10.9	+11.7	+10.0
18	»	»	»	+ 6.5	+ 8.2	+ 5.9	+10.9	+13.5	+12.8
19	— 2.3	— 3.6	— 6.1	+ 6.4	+ 7.4	+ 4.8	+13.9	+15.0	+12.6
20	— 6.8	— 6.8	— 8.5	+ 6.2	+ 5.7	+ 3.1	+12.5	+11.3	+ 8.4
21	— 2.3	— 2.0	— 4.8	+ 2.3	+ 3.1	+ 1.4	+12.0	+ 9.9	+ 7.0
22	+ 0.2	— 0.7	— 3.3	+ 3.4	+ 4.8	+ 4.6	+13.2	+11.8	+ 6.3
23	— 0.2	— 1.1	— 4.4	+ 8.3	+ 6.9	+ 5.4	+13.2	+12.6	+ 8.8
24	+ 6.2	+ 5.0	+ 2.7	+ 7.5	+ 7.1	+ 5.3	+ 8.9	+11.2	+10.0
25	+ 9.2	+ 8.0	+ 5.0	+ 9.4	+10.1	+ 7.4	+14.3	+11.3	+12.6
26	+ 5.6	+ 4.3	+ 2.0	+ 7.2	+ 7.0	+ 5.9	+10.0	+11.6	+10.7
27	+ 7.5	+ 9.9	+ 8.5	+ 5.4	+ 4.1	+ 1.9	+10.1	+ 9.4	+ 7.9
28	+ 3.7	+ 4.2	+ 5.4	+ 4.2	+ 4.5	+ 2.8	+13.8	+14.4	+11.1
29	+ 2.2	+ 1.8	— 0.2	+ 4.9	+ 7.0	+ 7.4	+11.2	+10.0	+ 7.5
30	+ 5.4	+ 4.6	+ 2.5	+11.3	+12.0	+10.0	+ 8.3	+11.3	+ 9.6
31	+ 5.8	+ 4.4	+ 1.2				+14.1	+14.7	+10.6
Moyennes	+0.96 +0.87	+1.09 +1.05	—0.56 —0.75	+4.61 +4.88	+4.75 +4.99	+2.66 +3.13	+9.66 +9.66	+10.23 +10.37	+8.35 +8.49

MINIMA

	JUIN 1888			JUILLET 1888			AOUT 1888		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+13.9	+13.0	+10.5	+12.0	+11.5	+ 9.2	+13.4	+13.1	+11.3
2	+ 9.1	+12.0	»	+10.3	+ 9.7	+ 8.1	+11.2	+11.1	+ 7.3
3	+13.5	+15.0	+12.0	+14.0	+14.4	+13.3	+ 9.1	+10.4	+ 8.0
4	+11.4	+14.7	+16.6	+14.5	+14.6	+11.9	+10.3	+11.1	+ 9.8
5	+11.3	+14.7	+15.5	+14.3	+14.4	+12.6	+ 9.3	+11.0	+10.6
6	+11.2	+16.5	+16.1	+13.4	+13.7	+11.3	+ 9.7	+ 9.6	+ 8.5
7	+15.3	+15.5	+13.0	+12.7	+12.4	»	+11.7	+11.6	+ 9.8
8	+12.8	+14.4	+15.2	+11.6	+11.6	»	+13.4	+13.4	+11.3
9	+15.7	+14.0	+12.0	+11.9	+12.1	+ 9.5	+11.2	+12.5	+12.5
10	+13.3	+13.0	+ 9.6	+10.7	+11.5	+ 9.3	+ 9.6	+12.4	+14.2
11	+11.3	+10.4	+ 8.0	+13.0	+13.6	+11.5	+ 9.4	+11.8	+13.5
12	+10.6	+11.6	+12.0	+ 5.8	+ 6.6	+ 6.7	+ 9.6	+12.6	+16.0
13	+13.0	+14.3	+13.2	+10.3	+10.1	+ 7.3	+12.8	+15.6	+14.8
14	+12.2	+11.2	+ 8.8	+ 7.9	+ 8.2	+ 8.6	+15.7	+16.9	+14.0
15	+ 8.5	+ 9.0	+ 6.8	+ 9.6	+12.1	+10.9	+16.3	+17.0	+15.3
16	+ 9.8	+10.4	+10.0	»	»	+10.7	+17.3	+16.2	+13.4
17	+11.5	+11.2	+ 7.7	+11.2	+11.6	+ 9.4	+14.6	+13.6	+10.9
18	+ 8.2	+ 8.4	+ 8.6	+12.9	+12.8	+ 9.8	+12.1	+11.2	+ 7.7
19	+ 9.5	+ 8.9	+ 6.6	+12.4	+12.6	+ 9.6	+10.0	+ 9.4	+ 6.9
20	+11.7	+11.0	+ 8.5	+12.8	+13.1	+ 6.6	+ 8.2	+ 9.5	+10.4
21	+10.1	+10.6	+ 8.8	+11.7	+12.9	+12.8	+17.1	+16.5	+13.4
22	+11.5	+12.4	+11.3	+14.4	+15.5	+15.6	+15.6	+15.1	+12.6
23	+13.4	+14.0	+12.3	+19.8	+19.3	+14.2	+ 9.8	+10.7	+10.6
24	+13.3	+15.2	+15.1	+14.7	+14.8	+11.9	+ 9.8	+12.4	+12.5
25	+13.2	+15.6	+12.3	+13.8	+16.1	+12.6	+15.3	+14.2	+12.4
26	+12.3	+12.6	+12.0	+16.2	+15.8	+12.6	+11.5	+12.3	+10.1
27	+12.2	+13.3	+12.6	+12.4	+12.7	+13.1	+20.3	+19.0	+16.2
28	+13.6	+12.7	+ 8.1	+15.6	+16.2	+11.5	+11.4	+12.4	+11.2
29	+12.0	+12.8	+ 9.6	+10.2	+11.2	+ 8.9	+11.6	+12.8	+11.2
30	+11.8	+11.0	+ 6.4	+12.8	+13.7	+12.6	+13.1	+13.7	+10.1
31				+13.8	+12.8	+10.7	+11.3	+11.6	+10.3
Moyennes	+11.94	+12.65	+11.02	+12.44	+12.92	+10.77	+12.31	+12.93	+11.54
	+11.94	+12.66	+11.02	+12.43	+12.87	+10.69	+12.31	+12.93	+11.54

MINIMA

	SEPTEMBRE 1888			OCTOBRE 1888			NOVEMBRE 1888		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+11.4	+10.1	»	+ 7.9	+ 7.6	+ 5.1	+ 3.8	+ 7.6	+ 9.4
2	+10.9	+ 9.4	+ 7.5	+12.4	+12.8	+11.3	»	+ 4.4	+ 2.0
3	+ 7.2	+ 8.4	+ 7.2	+ 9.8	+ 8.3	+ 6.1	+ 3.9	+ 4.1	+ 2.6
4	+ 9.1	+10.1	+10.3	+ 3.0	+ 5.8	+ 6.0	+ 0.3	+ 2.3	+ 2.4
5	+11.2	+12.3	+14.4	+ 4.1	+ 6.1	+ 5.3	+ 6.3	+ 6.8	+ 5.4
6	+13.3	+14.1	»	+ 0.7	+ 1.2	+ 3.4	+ 5.6	+ 6.0	+ 6.0
7	+14.6	+16.1	+15.4	+ 4.9	+ 4.0	+ 4.0	+ 6.7	+ 5.6	+ 7.5
8	+12.2	+11.7	+ 8.4	+ 4.3	+ 3.1	+ 3.4	+ 7.3	+ 7.7	+ 6.4
9	+ 9.6	+ 8.2	+ 6.2	+ 3.0	+ 2.7	+ 0.4	+ 4.8	+ 6.1	+ 5.5
10	+ 7.2	+ 7.3	+ 8.2	+ 3.3	+ 2.6	+ 0.2	+ 4.8	+ 4.6	+ 2.7
11	+11.0	+11.6	+10.1	+ 6.3	+ 6.1	»	+ 4.3	+ 4.6	+ 3.2
12	+ 8.0	+ 9.8	+ 8.5	+ 1.8	+ 3.1	+ 4.2	+ 9.4	+ 8.9	+ 7.1
13	+ 9.9	+11.2	+12.5	+ 1.7	+ 2.5	+ 4.5	+11.4	+ 9.0	»
14	+12.8	+13.3	+13.7	+ 5.3	+ 4.8	+ 1.8	+ 7.6	+ 6.8	+ 4.7
15	+12.2	+13.7	+15.2	+ 3.6	+ 2.8	+ 0.3	+ 7.8	+ 6.7	+ 4.6
16	+11.9	+14.9	+15.1	+ 2.3	+ 1.9	+ 0.5	+ 5.7	+ 6.6	+ 4.1
17	+12.7	+14.6	+13.0	+ 2.2	+ 3.5	+ 4.0	+ 2.8	+ 3.1	+ 3.6
18	+13.7	+12.8	+10.8	+ 1.2	+ 2.4	+ 1.0	+ 6.7	+ 6.0	+ 3.4
19	+10.0	+11.5	+11.3	— 0.2	— 0.8	+ 3.3	+ 3.8	+ 5.3	+ 4.2
20	+ 9.9	+11.2	+11.7	— 1.4	— 2.2	— 0.5	+ 5.5	+ 6.3	+ 5.6
21	+11.3	+12.6	+13.0	— 0.3	— 0.7	+ 2.2	+ 0.3	+ 2.9	+ 0.8
22	+10.1	+11.4	+13.9	+ 0.8	+ 1.9	+ 2.7	+ 2.5	+ 3.1	+ 2.2
23	+13.2	+13.3	+14.1	— 1.4	+ 0.4	+ 0.3	+ 6.1	+ 6.4	+ 4.6
24	+12.6	+12.3	+13.1	— 0.5	+ 1.5	+ 4.7	+ 6.6	+ 6.4	+ 4.0
25	+13.2	+13.6	+12.1	+ 5.3	+ 8.6	+ 8.2	+ 6.1	+ 5.9	+ 3.7
26	+11.8	+13.3	+12.1	+ 4.4	+ 8.4	+ 7.7	— 2.8	— 0.4	+ 2.3
27	+10.7	+11.4	+11.4	+ 1.8	+ 5.0	+ 7.9	+ 1.3	+ 2.9	+ 4.3
28	+12.7	+12.1	+10.8	+ 3.6	+ 3.4	+ 8.7	+12.2	+11.5	+ 8.7
29	+11.7	+12.0	+10.6	+ 0.6	+ 3.4	+ 8.2	+ 5.9	+ 8.6	+ 6.7
30	+13.5	+15.3	+14.3	— 0.2	+ 5.0	+10.1	+ 5.2	+ 4.8	+ 3.9
31				+ 1.7	+ 5.3	+10.5			
Moyennes	+11.30	+11.99	+11.60	+2.65	+3.59	+4.25	+4.74	+5.22	+4.30
	+11.23	+11.98	+11.64	+2.53	+3.50	+4.25	+4.53	+5.12	+4.13

MAXIMA

	DÉCEMBRE 1887			JANVIER 1888			FÉVRIER 1888		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+ 5.4	+ 4.8	+ 1.0	+ 7.5	+ 6.4	+ 4.4	+ 3.6	+ 2.7	— 0.6
2	+ 3.8	+ 2.1	+ 1.0	+ 6.6	+ 8.0	+ 5.5	+ 1.4	0.0	— 2.3
3	+ 0.9	0.0	+ 1.2	+ 9.8	+ 8.3	+ 5.2	— 2.2	+ 1.8	»
4	+ 4.3	+ 4.1	+ 7.9	+ 4.9	»	+ 4.5	»	»	»
5	+ 4.3	+ 7.0	+ 6.1	+ 9.2	+ 8.1	+ 5.9	+ 5.7	+ 4.0	+ 1.5
6	+ 9.5	+ 9.4	+ 7.3	+ 7.2	+ 7.1	+ 5.3	+ 5.4	+ 4.5	+ 1.6
7	+ 9.2	+ 7.1	+ 4.4	+ 5.0	+ 5.4	+ 4.9	+ 8.1	+ 6.5	+ 1.9
8	+ 6.3	+ 5.3	+ 1.6	+ 9.8	+ 8.6	+ 5.0	+ 6.1	+ 4.7	+ 2.0
9	+ 8.7	»	+ 8.0	+ 7.2	+ 6.9	+ 4.6	+ 5.0	+ 5.0	+ 3.4
10	+11.7	+12.4	»	+ 8.4	+ 7.4	+ 4.5	+ 9.7	+ 8.0	+ 5.4
11	+ 9.5	+ 8.1	+ 4.6	+ 5.4	+ 4.3	+ 1.3	+10.7	+11.2	+ 7.6
12	+ 7.0	+ 6.4	+ 3.2	+ 4.2	+ 3.0	+ 0.4	+10.3	+ 9.6	+ 7.1
13	+11.1	+10.9	+ 7.5	+ 5.7	+ 4.0	+ 0.9	+ 9.0	+ 7.7	+ 4.0
14	+11.2	+10.4	»	+ 1.3	+ 0.4	— 3.5	+ 5.1	+ 4.4	+ 2.9
15	+ 8.7	+ 8.6	+ 6.3	— 1.0	— 2.2	— 4.9	+ 4.1	+ 2.7	— 0.7
16	+10.8	+ 9.8	+ 8.3	+ 2.4	+ 2.3	+ 0.1	+ 2.5	+ 1.0	— 2.1
17	+12.3	+10.9	+ 7.3	+ 1.8	+ 0.1	+ 1.1	+ 3.2	+ 1.3	+ 0.7
18	+ 9.6	+ 7.9	+ 4.8	— 1.2	— 1.0	+ 0.7	+ 1.0	— 0.3	— 3.0
19	+ 6.1	+ 4.8	+ 2.0	— 3.7	— 4.0	— 7.4	+ 2.5	+ 2.0	— 3.1
20	+ 5.5	+ 4.6	+ 3.3	— 2.2	— 3.9	— 0.9	— 1.3	— 2.3	— 5.1
21	+ 4.9	+ 4.0	+ 2.3	+ 2.0	»	+ 2.3	+ 1.5	+ 1.1	— 2.3
22	+ 1.6	+ 1.3	— 2.4	+ 2.8	»	+ 5.8	+ 0.8	+ 0.3	— 0.0
23	— 0.2	— 1.3	— 4.0	+ 7.0	+ 6.1	+ 5.8	+ 1.2	— 0.4	— 3.5
24	+ 2.0	+ 1.1	— 1.2	+ 4.3	+ 5.0	+ 1.6	+ 3.5	+ 2.1	— 2.3
25	+ 1.6	+ 1.2	— 0.9	+ 1.1	+ 0.1	+ 0.0	+ 2.8	+ 0.9	— 3.1
26	— 2.3	— 2.0	— 2.7	+ 3.3	+ 4.2	+ 2.7	+ 1.5	+ 0.9	— 1.7
27	— 5.7	— 7.2	— 9.9	+ 5.6	+ 4.2	+ 0.5	+ 2.3	+ 0.6	— 2.8
28	— 4.1	— 2.2	— 6.7	+ 2.7	+ 2.3	»	+ 2.0	+ 0.2	— 2.6
29	— 7.3	— 8.6	—11.5	+ 0.8	+ 0.1	»	+ 0.4	— 1.1	— 4.2
30	— 3.8	— 4.7	— 8.1	— 1.8	— 1.9	— 2.6			
31	— 6.2	— 6.4	— 0.3	— 4.5	— 5.6	— 4.3			
Moyennes	+4.03 +2.79	+3.14 +2.02	+0.53 +0.07	+3.13 +2.97	+2.35 +2.39	+1.11 +0.89	+3.92 +3.79	+2.36 +2.72	+0.06 +0.37

MAXIMA

	MARS 1888			AVRIL 1888			MAI 1888		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+ 3.7	+ 2.3	— 1.6	+15.7	+16.3	+12.2	+21.2	+19.7	+16.9
2	+ 4.3	+ 3.0	»	+16.8	+15.2	+10.8	+19.5	+18.1	+16.0
3	+ 1.5	+ 0.3	— 0.7	+14.8	+13.3	+ 9.4	+18.7	+17.4	+13.7
4	+ 4.2	+ 1.4	— 1.7	+ 4.7	+ 2.7	+ 0.1	+17.1	+14.7	+11.5
5	+ 5.3	+ 2.9	— 0.6	+ 5.7	+ 4.3	— 1.2	+17.5	+15.4	+11.5
6	+ 6.1	+ 5.0	+ 2.4	+ 5.6	+ 4.0	— 0.5	+19.8	+17.7	+14.7
7	+10.9	+ 8.1	+ 5.4	+ 5.8	+ 4.0	— 0.4	+23.5	+21.5	+18.5
8	+11.5	+11.2	+ 6.9	+ 7.8	+ 6.2	+ 2.3	+26.0	+25.4	+22.6
9	+15.5	+15.2	+12.0	+11.2	+ 9.7	+ 5.6	+26.5	+25.4	+21.6
10	+15.2	+15.8	+13.4	+ 7.8	+ 6.2	+ 2 6	+22.3	+20.5	+17.4
11	+11.8	+11.1	+ 8.9	+ 7.7	+ 6.8	+ 2.7	+18.1	+16.0	+12.8
12	+12.8	+11.3	+ 8.0	+ 8.7	+ 7.0	+ 3.1	+19.1	+17.2	+13.6
13	+12.8	+11.6	+ 8.5	+11.5	+10.2	+ 8.5	+22.2	+21.5	+17.7
14	+11.7	+ 9.3	+ 6.7	+18.5	+17.8	+13.2	+24.8	+22.9	+19.3
15	+14.0	+12.9	+ 9.3	+19.6	+18.8	+15.6	+23.8	+22.8	+19.4
16	+15.0	+13.1	+ 9.9	+17.7	+15.6	+14.2	+24.1	+22.2	+18.8
17	+ 6.2	+ 4.6	+ 2.0	+16.2	+15.7	+13.5	+25.8	+23.7	+20.4
18	+ 4.8	+ 2.4	— 1.1	+17.5	+17.0	+15.8	+27.0	+24.8	+21.7
19	+ 0.8	0.0	— 4.8	+13.3	+12.0	+ 9.4	+25.6	+24.0	+19.5
20	+ 5.6	+ 4.2	+ 1.3	+15.5	+12.8	+ 9.6	+18.1	+16.7	+14.5
21	+ 9.6	+ 7.8	+ 4.4	+14.8	+13.0	+11.4	+16.8	+15.3	+13.4
22	+ 8.3	+ 6.2	+ 2.8	+13.3	+12.9	+ 9.3	+21.1	+18.2	+15.2
23	+11.0	+10.4	+ 6.7	+12.7	+11.4	+ 7.9	+24.2	+22.1	+19.1
24	+12.4	+11.0	+ 7.6	+19.2	+17.4	+13.4	+25.1	+25.0	+20.9
25	+17.6	+16.4	+12.1	+15.6	+13.0	+11.0	+26.9	+27.1	+22.1
26	+14.0	+13.1	+10.7	+17.6	+16.6	+11.8	+25.4	+24.0	+20.5
27	+19.4	+18.3	+16.7	+14.0	+11.7	+ 8.5	+25.1	+24.3	+21.1
28	+19.0	+18.9	+16.6	+17.8	+16.5	+13.3	+21.7	+19.9	+17.5
29	+11.8	+10.7	+ 8.5	+21.0	+21.0	+17.5	+20.6	+18.9	+17.3
30	+14.0	+12.1	+ 9.1	+20.2	+19.1	+17.7	+24.0	+21.4	+19.4
31	+13.7	+13.1	+ 9.3				+22.8	+21.0	+18.8
Moyennes	+10.35	+9.36	+6.23	+13.72	+12.75	+8.96	+22.58	+20.80	+17.66
	+10.82	+9.44	+6.35	+14.24	+12.91	+9.68	+22.58	+21.00	+17.86

MAXIMA

	JUIN 1888			JUILLET 1888			AOUT 1888		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+22 7	+21.4	»	+20.7	+19.0	+15.4	+22.7	+21.9	+18.7
2	+28.2	+27.2	+23.5	+22.3	+21.3	+18.5	+20.5	+18.1	+15.3
3	+32.3	+31.9	+27.1	+25.0	+24.0	+22.9	+20.6	+18.4	+15.1
4	+32.5	+32.0	+27.2	+21.4	+23.0	+17.2	+22.5	+21.1	+18.5
5	+32.7	+31.8	+27.5	+25.0	+24.8	+21.1	+16.3	+16.0	+10.8
6	+31.6	+30.9	+26.9	+24.3	+23.4	»	+19.6	+17.8	+18.2
7	+28.2	+27.0	+24.6	+24.5	+24.8	»	+20.0	+18.8	+14.5
8	+28.8	+28.1	+24.2	+23.8	+22.2	+21.1	+25.0	+23.4	+20.3
9	+23.6	+23.4	+19.5	+22.5	+21.0	+18.0	+28.2	+27.4	+23.1
10	+21.7	+19.6	+15.7	+22.2	+20.2	+17.9	+28.8	+23.5	+24.5
11	+23.6	+22.7	+18.6	+21.4	+20.4	+15.8	+29.4	+28.6	+24.5
12	+29.5	+29.0	+24.5	+17.2	+15.0	+12.7	+29.4	+28.7	+24.6
13	+28.7	+26.8	+24.2	+19.8	+17.1	+13.7	+28.5	+28.1	+24.9
14	+20.0	+18.8	+17.1	+24.5	+23.2	+20.0	+29.6	+28.4	+24.8
15	+20.0	+19.2	+15.4	+26.6	+24.9	+21.8	+30.5	+30.3	+25.6
16	+24.2	+23.4	+20.3	»	»	+12.1	+26.7	+25.9	+22.6
17	+18.8	+16.7	+18.3	+19.6	+19.0	+15.1	+18.2	+17.1	+14.3
18	+18.6	+16.9	+14.9	+21.2	+20.4	+18.3	+17.7	+16.1	+13.1
19	+20.8	+19.1	+15.4	+22.5	+20.9	+18.8	+19.8	+19.4	+16.2
20	+20.0	+18.0	+18.4	+21.0	+19.4	+17.0	+24.9	+23.9	+20.0
21	+25.6	+24.5	+20.8	+21.8	+25.4	+22.6	+24.2	+23.6	+20.1
22	+24.0	+22.7	+19.5	+29.2	+27.6	+24.5	+22.3	+20.2	+18.1
23	+26.1	+25.1	+21.4	+24.3	+23.8	+21.0	+24.0	+22.3	+19.7
24	+28.2	+27.7	+24.1	+27.5	+26.4	+23.4	+27.0	+26.0	+22.2
25	+20.4	+18.7	+16.1	+29.0	+27.4	+24.9	+16.8	+15.7	+15.0
26	+24.8	+24.1	+21.0	+26.4	+24.9	+22.5	+20.3	+19.0	+16.2
27	+26.8	+26.2	+23.1	+26.8	+25.8	+22.1	+23.6	+21.9	+18.9
28	+22.6	+22.8	+19.9	+25.0	+23.4	+20.2	+23.7	+22.2	+19.5
29	+21.0	+19.1	+17.0	+22.7	+21.7	+19.6	+24.2	+23.1	+18.9
30	+19.8	+17.8	+15.6	+30.0	+28.4	+25.2	+19.2	+18.9	+15.2
31				+21.9	+21.1	+20.0	+21.7	+20.3	+16.9
Moyennes	+24.86 +24.82	+23.75 +23.71	+20.65 +20.65	+23.70 +23.64	+22.69 +22.63	+19.37 +19.73	+23.42 +23.42	+22.29 +22.29	+19.04 +19.04

MAXIMA

	SEPTEMBRE 1888			OCTOBRE 1888			NOVEMBRE 1888		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+18.8	+17.4	»	+17.0	+15.8	+12.7	+18.7	+16.5	+14.9
2	+19.5	+18.4	+15.7	+21.2	+20.9	+17.8	»	+ 5.5	+ 3.2
3	+21.6	+20.5	+17.4	+11.3	+10.5	+ 7.4	+10.3	+ 9.8	+ 6.8
4	+24.2	+22.5	»	+18.6	+19.0	+15.0	+14.6	+13.9	+10.1
5	+27.0	+26.3	+22.5	+16.6	+16.4	+12.3	+16.0	+15.4	+12.2
6	+27.6	+27.3	+23.6	+10.1	+11.6	+ 9.5	+10.0	+ 8 3	+ 7.5
7	+25.7	+25.4	+24.1	+10.7	+ 8.3	+ 5.5	+11.3	+10.2	+ 8.1
8	+18.4	+17.4	+14.6	+10.1	+10.4	+ 4.5	+16.2	+15.3	+11.6
9	+16.4	+15.7	+13.6	+ 8.5	+ 6.4	+ 3.5	+13.7	+10.5	+10.5
10	+20 9	+20.3	+17.5	+ 9.5	+ 8.3	+ 4.4	+ 9.1	+ 7.6	+ 8.5
11	+21.3	+20.0	+16.8	+14.6	+12.9	+ 9.6	+13.4	+11.8	+ 8.6
12	+21.3	+20.5	+16.6	+14.3	+13.1	+10.4	+15.5	+14.0	+12.0
13	+24.2	+22.2	+20.0	+14.6	+14.2	+11.9	»	»	+ 8.3
14	+27.2	+26.9	+23.0	+10.2	+ 9.2	+ 5.8	+11.8	+10.8	+ 7.1
15	+28.2	+27.6	+24.3	+11.3	+10.6	+ 7.4	+ 9.8	+ 8.8	+ 7.0
16	+27.3	+26.4	+22.0	+12.4	+11.4	+ 8.8	+11.8	+11.2	+ 9.1
17	+23.2	+22.4	+19.5	+14.1	+12.5	+ 8.7	+ 8.7	+ 8.2	+ 7.5
18	+21.3	+20.2	+16.7	+11.6	+10.3	+ 7.6	+12.2	+12.1	+ 8.5
19	+23.0	+22.4	+19.6	+ 8.6	+ 8.7	+ 9.0	+12.6	+12.1	+10.0
20	+25.0	+25.4	+22.6	+10.0	+ 9.6	+ 7.3	+14.0	+13.9	+14.4
21	+25.4	+25.4	+21.9	+11.8	+11.1	+ 9.1	+10.1	+ 8.6	+ 6.0
22	+24.5	+24.4	+21.7	+13.7	+12.4	+ 9.7	+11.2	+ 9.6	+ 5.9
23	+25.2	+23.8	+21.5	+11.8	+11.0	+10.6	+10.2	+ 9.3	+ 5.8
24	+21.2	+21.2	+19.4	+17.0	+16.6	+12.7	+10.9	+ 8.0	+ 6.1
25	+23.0	+21.7	+17.7	+18.0	+17.0	+14.0	+10.0	+ 8.8	+ 6.5
26	+22.6	+21.2	+18.9	+18.7	+18.4	+14.8	+12.5	+12.0	+11.3
27	+22.5	+20.1	+17.7	+17.6	+18.1	+16.0	+15.0	+13.6	+11.6
28	+17.6	+17.5	+13.4	+17.6	+17.4	+13.6	+15.0	+13.4	+11.5
29	+20.2	+21.0	+17.4	+17.7	+18.1	+14.8	+13.9	+12.4	+10.7
30	+19.8	+19.8	+18.0	+17.3	+17.2	+16.6	+13.7	+12.1	»
31				+18.5	+18.3	+17.0			
Moyennes	+23.04	+22.06	+19.20	+13.79	+13.46	+10.37	+12.62	+10.85	+8.71
	+23.00	+22.25	+19.27	+13.76	+13.47	+10.37	+12.12	+11.01	+8.73

MINIMA

	DÉCEMBRE 1888			JANVIER 1889			FÉVRIER 1889		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	− 0.8	+ 3.6	+ 4.0	0.0	− 0.9	− 2.8	+ 2.7	+ 4.1	+ 3.7
2	− 0.5	+ 1.7	+ 3.8	− 0.2	»	− 3.3	+ 6.2	+ 6.3	»
3	− 2.7	− 1.5	+ 1.2	− 3.9	− 4.0	− 7.1	+ 0.3	− 0.3	− 8.7
4	− 3 2	− 2.3	+ 1.2	− 5.0	− 5.6	− 8.2	− 1.1	− 1.6	»
5	− 3.2	− 4.9	+ 1.7	− 7.2	− 6.5	»	− 2.2	− 3.4	− 5.7
6	− 3.8	− 4.9	+ 1.4	− 8.7	− 6.7	»	− 7.2	− 8.4	− 8.2
7	− 4.3	− 5.1	+ 0.0	− 3.7	− 3.0	− 2.8	− 2.3	− 3.3	− 4.8
8	− 3.0	+ 0.4	+ 1.8	− 2.8	− 1.0	+ 1.8	− 1.2	− 2.2	− 5.1
9	− 1.7	+ 1 6	+ 3.1	− 2.8	+ 2.3	+ 3.8	+ 0 8	− 1.3	− 9.7
10	+ 0.6	+ 2.6	+ 5.2	+ 3.5	+ 4.8	+ 0.7	− 4.7	− 5.0	−13.3
11	− 0.5	− 1.2	− 2 7	− 2.7	− 1.6	− 1.6	− 2.1	− 2.8	»
12	− 0.9	− 2.1	− 4.2	− 1.8	− 1.0	− 6.0	− 1.6	− 3.4	− 8.7
13	− 4.1	− 4.0	− 3.3	+ 0.3	− 0.4	− 2.2	− 8.5	− 8.4	»
14	− 3.4	− 2.0	− 1.5	− 0.5	− 1.6	− 3.7	− 8.3	− 7.7	− 9.1
15	− 2.8	− 1.9	+ 0.4	− 0.6	− 2.0	− 4.2	− 1.8	− 1.8	»
16	− 3.5	− 2 6	− 3.7	− 4.0	− 3.6	− 5.2	+ 1.7	+ 0.4	− 2.0
17	− 3 7	− 3.3	− 4 7	− 4.5	− 3.6	− 4.6	+ 0.3	+ 0.4	− 1.5
18	− 3.7	− 4.7	− 4.8	− 3.4	− 4.7	− 5.5	+ 0.6	+ 2.6	+ 3.3
19	− 3.8	− 5 6	+ 1.8	− 2.7	− 3.6	− 6.0	+ 5.8	+ 4.7	+ 1.7
20	− 4.4	− 4.6	+ 0.6	− 1.8	− 2.8	− 4.9	+ 3.2	+ 2.5	0.0
21	− 0.2	+ 2.6	+ 5.0	+ 0.7	− 0.4	− 3.4	+ 0.8	+ 0.8	»
22	+ 5.0	+ 3.6	+ 1.3	− 1.8	− 3.0	− 6.0	− 0.2	− 2.0	− 4.4
23	+ 3.4	+ 3.6	+ 1.4	− 4.7	− 5.0	− 8.2	− 5.4	− 7.2	− 9.4
24	+ 1.7	+ 3.4	+ 2.0	− 3.9	− 4.9	− 8.5	− 5.3	− 6.7	− 9.3
25	+ 3.6	+ 5.1	0.0	− 4.4	− 3.9	− 5.0	− 7.5	− 5.6	− 7.1
26	+ 6.4	+ 6.7	+ 4.4	− 1.1	− 1.2	− 3.3	− 7.3	− 6.9	»
27	+ 0.8	+ 0.4	+ 2.2	+ 0.8	»	− 2.7	− 1.7	− 2.0	− 5 8
28	+ 2.2	+ 1.3	− 0.6	− 3.2	− 2.2	»	− 4.2	− 4.4	− 4.2
29	+ 3.1	+ 4.9	−10.2	− 2.7	− 4.2	− 3.3			
30	+ 2.0	+ 4.0	+ 5.2	− 1.5	+ 0.6	− 2.3			
31	+ 0.1	− 0.4	− 1.9	+ 2.2	+ 2.4	+ 0.2			
Moyennes	−1.25	−1.59	+0.65	−2.66	−2.20	−3.48	−2.03	−2 07	−5.58
	−1.60	−1.09	+0.76	−2.71	−2.04	−4.20	−2.02	−2.78	−5.01

MINIMA.

	MARS 1889			AVRIL 1889			MAI 1889		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	— 2.7	— 2.8	— 4.5	+ 5.8	+ 5.7	+ 3.2	+ 6.3	+ 7.6	+ 3.7
2	— **6.2**	— **5.4**	»	+ 1.2	+ 1.7	0.0	+ 8.7	+ 8.0	+ 6.3
3	— 6.5	— 5.2	— 5.8	+ 0.8	+ 0.3	— 0.7	+ 6.7	+ 7.5	+ 6.5
4	— 2.7	— 2.3	— 4.2	+ **2.0**	+ *0.4*	— **1.3**	+ 5.7	+ 8.7	+ 8.5
5	— 4.2	- 4.6	— 5.0	+ 4.3	+ 3.5	+ 1.3	+ 7.9	+12.1	+10.2
6	— 3.0	— 2.4	— 2.9	— **0.9**	+ **0.6**	»	+11.1	+11.0	+ 8.6
7	— **3.3**	— **2.0**	»	— 0.8	+ 1.2	+ 1.3	+ 9.5	+10.1	+ 8.7
8	+ 6.2	+ 5.2	+ 3.0	+ 6.5	+ 6.0	+ 4.2	+10.2	+10.7	+10.2
9	+ **6.2**	+ **7.3**	»	+ 2.6	+ 3.6	+ 2.9	+10.8	+12.1	+10.8
10	+ 4.2	+ 6.9	+ 5.5	+ 3.8	+ 3.8	+ 1.2	+**11.1**	+ **9.5**	»
11	+ 8.7	+ 8.8	+ 6.0	+ 3.1	+ 2.2	— 0.8	+ 8.8	+ 8.6	+ 6.6
12	+ **1.4**	+ **0.2**	»	+ 1.1	+ 3.1	+ 1.9	+ 5.8	+ 7.4	+ 8.3
13	+ 0.6	— 0.1	— 2.7	+ 3.6	+ 4.3	+ 3.7	+ 8.5	+ 9.6	+10.8
14	+ **1.0**	+ *0.6*	+ **0.4**	+ 5.2	+ 4.7	+ 2.7	+12.1	+11.6	+ 9.7
15	+ 0.8	0.0	— 3.4	+ 2.2	+ 2.8	+ 1.7	+11.1	+10.5	+10.3
16	— 6.2	— 6.7	— 9.9	+ 4.5	+ 2.7	+ 0.5	+11.0	+ 9.5	+ 7.8
17	— **3.5**	— *4.4*	— **6.1**	+ 2.1	+ 1.1	— 2.9	+12.7	+11.6	+10.4
18	— 3.3	— 1.6	— 1.6	+ 2.6	+ 1.4	+ 0.0	+13.7	+11.9	+ 9.1
19	+ 7.4	+ 6.4	+ 4.0	+ 6.1	+ 5.5	+ 3.6	+10.8	+ 9.3	+ 7.6
20	+ *8.0*	»	+ **0.2**	+ 4.5	+ 6.4	+ 7.0	+ 7.3	+ 8.1	+ 8.1
21	+ *2.0*	+ *2.6*	»	+ **4.4**	+ **7.4**	+ *7.9*	+ 9.1	+ 8.4	+ 6.7
22	+ *1.7*	+ **1.6**	+ **0.4**	+ **8.7**	+ **8.6**	»	+11.6	+11.6	+ 9.7
23	+ **1.1**	— *1.2*	— **3.0**	+ 8.9	+ 8.8	+ 7.2	+10.2	+10.7	+ 9.6
24	— 1.5	— 0.7	— 2.9	+ 7.0	+ 7.1	+ 6.4	+10.5	+10.8	+10.2
25	+ 1.2	+ 2.4	— 0.9	+ 5.4	+ 3.7	+ 3.7	+11.3	+12.2	+12.6
26	+ 4.5	+ 3.4	+ 1.6	+ 5.8	+ 5.2	+ 2.2	+10.9	+11.7	+12.2
27	+ 1.5	+ 0.7	— 1.3	+ 3.8	+ 3.4	+ 3.1	+13.8	+13.3	+11.9
28	+ 2.6	+ 2.5	— 0.6	+ 3.2	+ 5.1	+ 7.4	+12.8	+11.1	+ 9.4
29	+ 1.8	+ 1.1	— 1.3	+ 9.6	+ 8.8	+ 6.7	»	+**11.8**	+**10.4**
30	+ 1.3	+ 2.1	+ 1.2	+10.7	+ 9.7	+ 5.3	+ 8.2	+10.3	+10.4
31	+ 6.2	+ 6.9	+ 4.5				+**10.8**	+**12.8**	+*13.0*
Moyennes	+0.41 +0.70	+0.76 +0.90	—1.08 —1.01	+4.26 +4.36	+4.43 +4.30	+2.65 +2.80	+9.97 +9.89	+**10.32** +**10.21**	+9.08 +9.03

MINIMA

	JUIN 1889			JUILLET 1889			AOUT 1889		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+12.4	+13.2	»	+14.3	+15.0	+13.1	+14.8	+16.5	+17.2
2	+14.4	+15.6	+13.7	+13.7	+14.7	+12.7	+16.8	+17.1	+17.3
3	+13.7	+13.3	+11.5	+12.8	+12.0	+10.5	+13.5	+14.4	»
4	+14.7	+13.7	+10.3	+12.6	+13.6	+15.2	+13.0	+14.6	+13.6
5	+14.7	+14.4	+11.5	+14.6	+16.6	+16.5	+17.0	+17.7	+15.2
6	+13.6	+14.5	+15.5	+16.2	+16.4	»	+15.4	+15.7	+13.4
7	+13.7	+14.7	+17.0	+13.7	+14.9	+12.7	+14.1	+14.4	+12.5
8	+13.3	+14.7	+17.0	+14.7	+15.6	+13.1	+10.5	+12.3	+11.9
9	+14.0	+15.2	+16.2	+14.2	+15.6	+14.2	+13.8	+13.4	+13.3
10	+12.0	+12.3	+10.7	+18.7	+18.9	+16.7	+13.6	+13.9	+12.1
11	+10.8	+10.5	+10.6	+13.6	+16.5	+18.2	+14.4	+14.0	+11.1
12	»	+12.8	+10.0	+14.7	+17.4	+18.0	+11.4	+11.8	+10.5
13	+10.3	+ 9.7	+10.2	+18.4	+19.3	+17.7	+ 9.4	+10.2	+ 9.2
14	+14.5	+14.4	+10.4	+15.7	+15.3	+12.8	+ 9.6	+10.6	+ 8.8
15	+13.3	+13.2	»	+14.5	+14.2	+10.4	+10.8	+11.7	+ 9.6
16	+10.8	+11.0	+10.9	+11.2	+12.2	+12.4	+13.4	+14.9	+13.3
17	+12.3	+13.5	+12.4	+11.1	+11.9	+13.0	+11.1	+12.8	+13.4
18	+14.5	+14.2	+12.8	+11.8	+12.0	+10.2	+14.7	+17.9	+15.8
19	+13.2	+14.4	+13.8	+ 9.7	+11.1	+10.0	+15.3	+12.4	+18.7
20	+13.1	+14.5	+15.0	+ 9.9	+10.2	+10.7	+15.0	+15.1	+13.3
21	+14.8	+14.3	+13.7	+12.0	+12.8	+14.9	+11.2	+11.8	+11.5
22	+14.8	+15.4	+14.1	+15.0	+15.6	+12.8	+16.2	+16.3	+13.0
23	+13.8	+14.1	+12.9	+15.0	+15.0	+13.1	+ 9.9	+10.3	+ 8.7
24	+14.2	+14.5	+12.4	+12.8	+13.6	+11.8	+10.3	+ 9.8	+ 7.7
25	+13.2	+14.4	+13.6	+ 9.8	+11.8	+12.7	+ 9.6	+10.4	+ 8.6
26	+13.4	+13.3	+15.2	+13.0	+14.4	+14.2	+ 9.7	+10.6	+ 9.7
27	+15.3	+15.0	+12.9	+12.4	+11.0	+ 9.4	+ 8.7	+ 9.6	+ 8.4
28	+13.8	+14.5	+13.6	+11.8	+11.4	»	+ 7.9	+ 9.8	+ 7.8
29	+12.3	+15.5	+13.7	+ 9.6	+ 9.8	+ 7.8	+ 7.3	+ 9.7	+10.8
30	+14.9	+14.5	+12.9	+10.6	+13.1	+ 7.5	+ 9.1	+12.6	+13.8
31				+11.5	+12.9	+12.5	+10.7	+13.9	+17.4
Moyennes	+13.44 +13.45	+13.83 +13.90	+13.19 +13.31	+13.20 +13.11	+14.02 +13.94	+12.78 +12.78	+12.67 +11.96	+13.47 +13.00	+8.63 +8.63

MINIMA									
	SEPTEMBRE 1889			OCTOBRE 1889			NOVEMBRE 1889		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+10.7	+13.0	+17.8	+ 3.6	+ 4.7	+ 3.3	+ 3.5	+ 5.3	+ 8.4
2	+15.9	+15.1	+16.5	+ 7.5	+ 6.0	+ 4.0	+ 5.3	+ 4.8	»
3	+14.7	+15.9	+13.9	+ 5.1	+ 5.3	+ 5.0	»	+ 5.1	+ 3.5
4	+12.2	+14.2	+11.5	+ 2.9	+ 6.4	+ 6.5	»	+ 6.7	+ 5.9
5	+14.6	+13.4	+11.7	+10.5	+ 9.7	+ 9.6	+ 6.0	+ 8.4	+ 6.0
6	+10.4	+15.1	+12.4	+ 7.8	+ 9.3	+ 7.4	+ 7.8	+ 7.4	+ 5.8
7	+ 9.8	+11.6	+11.9	+ 6.7	+ 7.7	+ 6.2	+ 9.0	+ 8 0	+ 5.2
8	+12.4	+11.2	+13.8	+ 6.3	+ 7.6	+ 8.5	+ 5.0	+ 4.2	+ 1.0
9	+11.0	+14.6	»	+12.1	+12.0	+10.7	+ 6.2	+ 5.2	+ 2.5
10	+ 9.2	+13.1	+10.9	+ 9.2	+ 9.0	+ 6.6	»	+ 6.5	+ 5.4
11	+ 9.1	+10.6	+12.2	+ 5.2	+ 8.0	+ 5.4	+ 9.0	+ 8.3	+ 5.5
12	+14.3	+12.3	+14.0	+ 2.8	+ 4.3	+ 2.9	+ 4.7	+ 4.7	+ 2.2
13	+12.7	+16.4	+13.8	+ 2.8	+ 5.6	+ 4.5	+5. 6	+ 5.6	+ 3.8
14	+10.9	+15.1	+13.9	+ 7.2	+ 5.6	+ 3.7	+ 1.6	+ 3.7	+ 3.8
15	+ 7.0	+11.4	+ 8.0	+ 2.5	+ 2.4	+ 3.7	+ 1.3	+ 3.6	+ 4.8
16	+ 3.3	+ 6.2	+ 3.3	+ 4.1	+ 1.3	+ 4.3	— 1.2	+ 0.4	+ 4.0
17	0.0	+ 2.8	+ 1.0	+ 7.8	+ 8.3	+ 7.5	+ 0.3	— 0.3	+ 3.6
18	+ 1.7	+ 2.8	+ 4.0	+ 2.8	+ 4.3	+ 5.4	+ 2.7	+ 2.4	— 0.2
19	+ 6.7	+ 3.7	+ 4.1	+ 7.2	+ 8.8	+ 6.4	+ 0.7	+ 0.1	— 1.4
20	+ 9.4	+ 9.8	+11.3	+ 3.2	+ 5.7	+ 6.6	— 0.5	— 0.3	+ 1.0
21	+ 8.8	+ 9.8	+ 7.3	»	+ 9.6	+ 7.0	— 0.2	— 1.3	+ 0.2
22	+ 9.7	+ 9.4	+ 7.2	»	+ 9.6	+ 7.5	— 0.8	— 3.4	+ 2.6
23	+ 3.6	+11.2	+ 8.0	+ 5.6	+ 7.1	+ 7.6	— 2.5	— 5.2	+ 1.4
24	+ 8.5	+ 4.9	+ 6.5	+ 5.5	+ 6.7	+ 8.4	— 4.0	— 0.4	— 5.0
25	+ 2.9	+10.7	+11.6	+ 9.4	+ 8.9	+ 7.7	»	+ 4.4	+ 1.4
26	+ 2.6	+ 4.2	+ 2.3	+ 8.8	+ 7.9	+ 7.0	+ 4.7	+ 4.3	— 7.8
27	+ 1.8	+ 5.2	+ 5.9	+ 7.8	+ 8.8	»	+ 4.1	+ 4.5	+ 2.3
28	+ 2.6	+ 4.4	+ 9.6	+ 9.8	+10.7	+10.2	— 1.6	— 1.4	— 8.2
29	+10.0	+ 6.4	+ 6.5	+ 9.6	+ 9.7	+ 9.0	»	— 0.9	— 2.5
30	+ 6.7	+ 5.6	+ 3.8	+ 7.0	+ 8.6	+ 6.7	— 1.8	— 1.3	— 3.2
31				+ 9.5	+ 9.0	+ 6.9			
Moyennes	+8.55	+10.00	+9.47	+6.63	+6.97	+6.33	+2.51	+2.91	+2.19
	+8.42	+9.84	+9.47	+6.32	+6.97	+6.44	+2.23	+2.45	+2.39

MAXIMA

	DÉCEMBRE 1888			JANVIER 1889			FÉVRIER 1889		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G	V.	P.	S.-G.	V.
1	+11.5	+11.0	+ 8.5	+ 1.2	+ 1.1	− 1.9	+ 9.8	+ 9.3	+ 8.0
2	+10.0	+ 9.0	+ 6.9	+ 1.0	+ 0.4	− 2.3	+ 2.6	+11.7	»
3	+ 6.9	+ 7.0	+ 4.4	+ 2.5	+ 1.1	− 3.6	+ 5.3	+ 3.9	+ 2.6
4	+ 5.5	+ 7.2	+ 5.9	+ 2.8	+ 1.6	»	+ 3.4	+ 2.5	− 0.7
5	− 0.8	− 1.8	+ 8.3	+ 1.5	+ 0.6	− 1.4	+ 0.6	− 0.9	− 4.8
6	− 1.6	− 2.2	+ 9.4	+ 0.5	+ 1.3	+ 2.7	+ 0.3	+ 0.4	− 1.2
7	+10.7	+11.1	+ 8.9	+ 3.3	+ 3.0	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.6	+ 2.7
8	+ 9.2	+10.3	+ 7.5	+ 9.8	+ 9.7	+ 6.6	+ 4.9	+ 3.0	+ 1.6
9	+10.8	+10.5	+ 8.0	+10.0	+ 9.7	+ 6.4	+ 8.3	+ 4.2	+ 0.4
10	+11.3	+10.1	+ 8.1	+ 8.4	+ 7.2	+ 5.0	+ 4.0	+ 2.1	+ 3.8
11	+ 3.2	+ 2.3	− 1.5	+ 5.0	+ 4.0	+ 1.9	+10.6	+ 9.9	+ 6.4
12	+ 2.4	+ 2.4	− 0.7	+ 8.2	+ 7.1	+ 4.2	+ 1.3	− 0.3	− 4.1
13	+ 4.0	+ 4.5	+ 0.6	+ 3.4	+ 2.2	− 0.4	− 0.9	− 1.3	− 5.3
14	+ 7.8	+ 7.5	+ 5.6	+ 1.5	− 0.6	− 3.1	+ 0.5	»	+ 4.1
15	+ 4.0	+ 4.9	+ 3.7	+ 2.3	+ 0.1	− 3.0	+10.5	+ 7.4	+ 5.1
16	+ 3.2	+ 2.4	+ 3.5	+ 4.2	+ 3.6	− 1.3	+ 8.0	+ 5.8	+ 2.1
17	− 0.1	− 1.2	− 1.1	+ 4.7	+ 1.2	+ 0.1	+ 7.0	+ 7.2	+ 6.4
18	− 1.0	− 1.5	+ 7.5	− 0.5	− 1.6	− 4.8	+11.7	+10.5	+ 8.2
19	− 0.6	− 1.4	+ 7.5	− 0.3	− 1.6	− 2.1	+11.8	+10.2	+ 6.3
20	+ 5.5	+ 7.2	+ 8.0	+ 3.2	+ 2.1	− 1.1	+ 9.0	»	+ 5.2
21	+12.9	+11.0	+ 9.0	+ 3.4	+ 1.6	− 2.6	+ 7.0	+ 5.6	+ 1.2
22	+ 8.3	+ 7.0	+ 5.1	+ 3.6	+ 1.7	− 2.9	+ 3.1	+ 1.2	− 2.5
23	+ 7.0	+ 5.8	+ 4.8	+ 2.6	+ 0.8	− 3.0	+ 0.5	− 2.0	− 5.7
24	+10.8	+ 9.8	+ 7.1	+ 3.6	+ 2.3	− 0.7	+ 1.3	− 0.6	− 4.1
25	+12.0	+11.4	+ 7.6	+ 4.6	+ 2.1	− 1.4	+ 1.9	+ 0.4	− 1.4
26	+10.2	+ 8.7	+ 6.6	+ 3.0	+ 1.6	− 0.5	+ 4.8	+ 2.9	+ 1.0
27	+ 5.7	+ 5.9	+ 5.4	+ 6.5	+ 4.8	»	+ 3.0	+ 1.7	− 1.1
28	+11.6	+10.4	+ 7.7	+ 3.0	+ 3.2	+ 1.0	+ 1.9	+ 4.0	0.0
29	+11.6	+12.0	+ 9.4	+ 8.7	+ 8.4	+ 6.2			
30	+ 7.7	+ 6.7	+ 8.6	+ 9.7	+ 8.4	+ 5.6			
31	+ 5.0	+ 3.6	+ 6.1	+ 9.4	+10.2	+11.4			
Moyennes	+6.06	+5.81	+6.01	+4.00	+3.43	+0.68	+5.29	+3.51	+1.03
	+6 65	+5.49	+6.00	+4.96	+3.63	+0.92	+4.09	+2.66	+0.42

MAXIMA

	MARS 1889			AVRIL 1889			MAI 1889		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+ 1.9	+ 3.0	+ 0.7	+ 8.8	+ 7.6	+ 4.7	+16.6	+16.3	+15.2
2	+ 2.0	+ 2.3	+ 1.4	+ 9.0	+ 9.2	+ 3.9	+17.4	+18.0	+15.1
3	+ 4.2	+ 3.8	+ 1.1	+ 3.8	+ 3.4	+ 2 0	+19.9	+19.7	+15.6
4	+ 4.1	+ 4.2	— 0.4	+11.6	+11.0	+ 6.8	+22.6	+23.4	+19.7
5	+ 5.6	+ 6.4	+ 1.4	+10.6	+10.4	+ 6.0	+24.6	+24.4	+20.1
6	+ 8.8	+ 7.4	+ 4.2	+12.5	+12.5	+ 9.6	+18.6	+19.7	+17.3
7	+ 7.5	+ 7.7	+ 5.5	+15.0	+14.7	+ 9.9	+20.8	+20.2	+15.5
8	+12.0	+11.3	+ 6.3	+14.3	+14.6	+11.6	+22.6	+23.0	+18.4
9	+12.9	+12.9	+ 8.3	+18.2	+17.5	+15.9	+20.8	+19.7	+16.6
10	+14.2	+13.4	+11.8	+14.1	+14.5	+12.1	+12.5	+10.9	+ 9.6
11	+16.0	+16.0	+12.6	+ 9.7	+ 9.6	+ 7.5	+18.4	+17.6	+13.7
12	+ 2.8	+ 2.8	— 0.5	+16.6	+16.1	+13.3	+21.1	+21.3	+18.5
13	+ 7.1	+ 6.5	+ 3.3	+14.5	+14.3	+10.4	+22.8	+22.6	+19.1
14	+ 9.3	+ 7.4	+ 3.1	+14.4	+15.0	+10.1	+16.0	+15.4	+13.5
15	+ 2.5	+ 2.0	— 1.6	+16.1	+15.4	+12.2	+22.1	+23.0	+19.5
16	+ 0.4	+ 0.4	— 3.3	+10.1	+ 9.4	+ 7.2	+18.6	+17.7	+14.6
17	+ 5.8	+ 5.1	+ 2.1	+10.5	+ 9.7	+ 6.7	+21.1	+20.8	+17.0
18	+15.4	+15.6	+12.5	+13.1	+12.3	+ 9.1	+18.3	+19.8	+13.5
19	+12.6	+11.7	+ 9.4	+17.5	+17.2	+14.0	+20.4	+17.4	+15.8
20	+10.5	»	+ 4.9	+20.8	+20.2	+18.5	+20.1	+18.3	+15.2
21	+11.6	+10.2	+ 8.3	+21.1	+20.9	»	+20.1	+18.4	+15.7
22	»	+ 5.7	+ 2.1	+17.4	+17.1	+12.0	+22.4	+22.8	+18.9
23	+ 5.6	+ 4.6	+ 0.4	+16.5	+16.6	+12.6	+24.1	+23.6	+20.7
24	+10.6	+10.0	+ 6.1	+19.1	+18.6	+16.1	+24.0	+23.3	+19.4
25	+ 9.4	+ 9.0	+ 5.5	+14.6	+13.2	+ 9.5	+26.0	+24.6	+21.7
26	+10.9	+ 9.2	+ 6.8	+13.4	+12.4	+ 9.0	+25.6	+24 8	+22.6
27	+ 6.6	+ 5.2	+ 2.5	+16.6	+16.5	+12.8	+23.7	+23.8	+19.3
28	+ 7.8	+ 6.9	+ 4.1	+20.4	+20.8	+18.1	+16.7	+16.6	+15.5
29	+11.0	+10.7	+ 6.9	+14.4	+13.6	+ 9.8	+21.4	+22.4	+12.5
30	+11.8	+11.3	+ 7.1	+20.4	+18.7	+14.9	+23.8	+24.1	+20.2
31	+15.8	+14.0	+10.4				+28.1	+28.1	»
Moyennes	+8.55 +8.99	+8.06 +8.48	+4.75 +5.11	+14.50 +14.32	+14.24 +13.90	+10.51 +10.65	+20.99 +21.04	+20.70 +20.72	+17.25 +17.42

MAXIMA

	JUIN 1889			JUILLET 1889			AOUT 1889		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+28.9	+29.3	+24.4	+25.8	+23.6	+20.4	+30.6	+30.8	+26.9
2	+27.6	+27.3	+24.0	+25.1	+23.8	+20.7	+28.9	+25.2	»
3	+21.8	+21.3	+22.9	+24.1	+23.9	+20.6	+27.1	+26.3	+23.6
4	+23.0	+22.9	+18.6	+28.0	+28.2	+23.8	+28.6	+28.2	+25.6
5	+24.6	+24.1	+21.4	+27.9	+27.3	»	+29.8	+28.3	+26.6
6	+29.9	+29.4	+25.6	+26.4	+25.9	+24.8	+25.6	+25.4	+24.2
7	+30.0	+30.5	+27.3	+26.8	+26.3	+24.6	+25.6	+24.4	+21.7
8	+30.0	+30.3	+27.9	+27.0	+27.0	+23.6	+25.9	+25.4	+23.5
9	+26.8	+27.2	+23.9	+28.1	+27.4	+23.7	+27.3	+27.4	+25.1
10	+23.4	+23.1	+20.0	+29.5	+29.1	+25.6	+24.9	+24.1	+22.7
11	+24.2	+23.7	+20.6	+31.8	+31.8	+28.4	+23.6	+23.3	+20.8
12	+20.5	+19.0	+17.3	+32.4	+33.4	+29.8	+21.5	+20.9	+17.6
13	+22.0	+21.6	+18.6	+30.8	+32.0	+27.7	+20.0	+20.2	+16.9
14	+18.0	+17.3	»	+24.8	+23.0	+20.6	+20.8	+20.8	+17.3
15	+21.8	+21.7	+19.7	+24.8	+23.9	+21.4	+22.3	+22.2	+20.2
16	+23.4	+22.4	+19.7	+25.9	+26.4	+23.6	+25.0	+23.9	+20.3
17	+25.2	+23.7	+20.7	+27.3	+27.1	+24.6	+29.0	+29.4	+25.7
18	+25.2	+26.0	+22.4	+22.1	+21.2	+18.5	+29.3	+29.9	+25.5
19	+27.6	+27.1	+24.1	+17.2	+16.9	+17.2	+29.0	+30.2	+27.4
20	+27.0	+25.4	+24.9	+24.4	+24.1	+22.8	+23.3	+22.8	+20.3
21	+26.0	+25.4	+23.0	+24.1	+24.1	+21.9	+25.7	+25.3	+22.3
22	+25.1	+23.4	+21.6	+23.8	+22.6	+19.9	+17.9	+18.5	+14.2
23	+25.2	+23.9	+20.2	+22.8	+22.4	+20.6	+19.0	+16.9	+15.1
24	+25.2	+24.9	+22.4	+22.8	+21.8	+20.0	+18.5	+18.3	+15.6
25	+26.1	+26.1	+22.4	+25.9	+25.9	+22.6	+21.3	+21.3	+18.6
26	+27.4	+27.3	+24.5	+21.9	+22.2	+19.4	+21.5	+20.4	+19.0
27	+23.3	+23.6	+20.1	+21.0	+18.6	+13.4	+20.0	+19.5	+16.5
28	+22.5	+21.9	+20.0	+19.2	+18.4	+15.6	+22.5	+21.7	+19.4
29	+22.6	+21.0	+18.2	+22.5	+22.2	+19.2	+26.4	+26.4	+22.9
30	+23.4	+22.8	+19.7	+25.8	+25.0	+22.0	+28.6	+28.0	+25.5
31				+28.3	+28.8	+24.6	+29.4	+29.1	+27.1
Moyennes	+24.79 +24.94	+24.45 +24.86	+21.93 +22.10	+25.46 +25.50	+24.98 +25.09	+22.18 +22.18	+24.80 +24.55	+24.34 +24.24	+21.55 +21.55

MAXIMA

	SEPTEMBRE 1889			OCTOBRE 1889			NOVEMBRE 1889		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+29.2	+29.7	+27.5	+15.0	+13.0	+ 9.0	+14.0	+11.8	»
2	+30.6	+31.2	+29.5	+14.8	+13.3	+10.1	+11.4	+11.4	+10.6
3	+27.3	+27.0	+24.8	+16.8	+16.6	+15.0	+13.9	+13.2	+12.5
4	+22.0	+22.5	+19.5	+17.6	+17.5	+14.5	+16.7	+15 6	+13.7
5	+22.6	+22.3	+17.9	+14.8	+14.0	+ 9.0	+12.0	+12.1	+ 9.9
6	+22.8	+22.4	+19.5	+16.1	+15.5	+12.9	+12.8	+11 3	+ 7.6
7	+23.3	+23.0	+20.5	+18.8	+17.2	+15.0	+12.0	+11.9	+ 7.5
8	+26.3	+26.4	+21.2	+18.3	+17.2	+13.3	+ 8.0	+ 8.0	+ 4.0
9	+24.1	+24.3	+24.5	+18.0	+18.1	+14.2	+10.3	+12.6	+ 7.4
10	+24 0	+23.8	+20.1	+15.4	+15.4	+10.9	+13.7	+ 9.6	+ 9.0
11	+25.1	+25.5	+23.2	+11.3	+12.1	+ 8.9	+13.4	+11.8	+ 9.5
12	+25.8	+26.4	+22.7	+15.2	+14.4	+11.6	+ 8.5	+ 7.4	+ 7.5
13	+26.1	+26.0	+22.2	+14.8	+13.0	+ 9.9	+13.0	+13.5	+ 9.7
14	+25.8	+25.6	+22.3	+13.4	+11.9	+ 7.9	+14.0	+14.2	+ 9.9
15	+17.5	+18.0	+14.1	+12.7	+11.1	+ 9.7	+14.0	+14.2	+10.6
16	+14.5	+14.7	+10.6	+18.2	+17.6	+14.1	+10.6	+11.7	+11.8
17	+15.4	+15.2	+11.6	+17.2	+15.4	+12.4	+ 5.6	+ 5.3	+ 6.9
18	+17.0	+16.9	+13.6	+14.6	+14.2	+11.4	+ 8.5	+ 7.8	+ 4.5
19	+20.5	+20.1	+16.8	+17.3	+16.3	+14.1	+10.1	+ 5.7	+ 7.8
20	+21.5	+23.5	+13.5	+16.3	+15.6	+13.2	+ 5.3	+ 2.6	+ 8.5
21	+16.3	+15.6	+12.0	+12.8	+11.9	+16.4	+ 2.5	+ 2.4	+ 7.5
22	+17.3	+18.3	+14.8	+15.0	+16.4	+ 9.9	+ 3.1	+ 6.4	+ 8.5
23	+17.9	+16.3	+13.3	+17.8	+16.9	+15.0	+ 6.7	+ 8.5	+ 7.4
24	+21.6	+22.1	+18.5	+16.5	+17.6	+15.3	+11.2	+12.5	+ 9.2
25	+19.6	+20.2	+11.6	+15.5	+14.3	+11.7	+11.6	+11.2	+ 8.2
26	+15.4	+14.7	+11.5	+13.0	+12.3	+10.8	+10.0	+10.0	+ 6.3
27	+19.4	+18.2	+16.0	»	»	+13.9	+ 9.6	+ 9.2	+ 5.6
28	+21.4	+21.2	+18.7	+18.3	+17.0	+14.6	+ 2.8	»	− 1.3
29	+15.7	+13.6	+ 9.8	+14.8	+14.8	+11.0	+ 3.8	+ 2.2	− 1.5
30	+13.0	+11.5	+ 7.8	+15.4	+14.6	+13.3	+ 4.1	+ 2.9	− 0.6
31				+14.9	+13.8	+10.7			
Moyennes	+20.91	+21.21	+17.42	+15.68	+14.97	+12 25	+9.38	+9.75	+7.41
	+20.80	+21.10	+17.42	+15.76	+14.97	+12.13	+9.24	+9.10	+7.63

MINIMA

	DÉCEMBRE 1889			JANVIER 1890			FÉVRIER 1890		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+ 1.5	— 2.6	— 6.0	— 1.9	— 3.0	— 5.2	— 6.3	— 4.6	»
2	— 5.0	— 6.3	— 8.8	— 2.0	— 2.6	— 5.1	— 8.5	— 5.9	»
3	— 6.8	— 6.6	— 9.4	— 2.7	— 3.5	— 3.6	— 8.2	— 4.5	— 7.3
4	— 6.8	— 7.7	— 9.6	»	+ 3.7	»	— 8.0	— 6.4	— 4.9
5	— 7.2	— 7.6	— 7.2	+ 2.0	+ 4.3	+ 5.0	— 5.2	— 1.0	— 1.3
6	— 3.9	— 3.8	— 6.0	— 0.7	+ 2.3	+ 4.0	— 2.8	— 1.9	— 5.2
7	— 2.9	— 3.3	»	— 2.3	+ 0.4	+ 3.7	— 3.8	— 3.0	— 6.0
8	— 2.8	— 4.0	— 7.4	— 4.4	— 0.3	+ 4.4	— 7.2	— 4.8	— 4.7
9	— 9.0	— 8 6	— 9.3	— 4.3	— 0.8	+ 4.8	— 7.2	— 4.1	— 5.1
10	»	— 5.5	— 7.4	+ 3.7	— 2.1	+ 2.6	— 7.4	— 2.8	— 4.6
11	»	+ 5.4	»	»	+ 0.7	+ 2.6	— 7.3	— 3.7	— 4.2
12	— 0.9	+ 0.5	— 0.9	+ 2.0	+ 2.8	+ 1.0	— 6.2	»	— 4.2
13	— 0.4	— 0.9	— 3.2	+ 3.2	+ 3.8	+ 2.0	— 2.5	— 0.6	»
14	— 3.3	— 3.4	— 4.7	+ 0.5	— 2.4	+ 0.8	— 2.5	— 0.4	— 1.0
15	— 2.5	— 3.2	— 5.3	+ 1.5	+ 2.1	+ 1.5	»	»	»
16	»	— 1.9	— 5.4	+ 2.3	+ 1.4	— 0.6	— 2.0	— 0.3	0.0
17	— 1.4	— 2.4	— 5.5	+ 0.3	— 0.8	— 3.3	— 1.2	+ 1.7	+ 0.2
18	— 4.5	— 4.8	— 5.9	— 0.9	— 1.4	— 2.2	— 2.5	+ 0.7	+ 2.5
19	— 6.8	— 6 4	— 2.7	— 1.7	+ 0.5	+ 2.5	— 3.2	— 1.7	0.0
20	— 4.8	— 5.8	— 0.6	+ 2.8	+ 5.7	+ 5.3	— 4.5	— 1.2	— 0.4
21	»	— 1.9	— 0.7	+ 3.8	+ 3.3	+ 0.6	— 4.0	+ 0.7	+ 2.8
22	— 2.3	— 1.1	— 0.1	»	+ 2.0	»	»	+ 2.7	+ 1.8
23	— 0.3	+ 2.4	+ 2.5	»	+ 7.8	+ 3.9	— 1.3	— 0.4	— 3.2
24	+ 2.0	+ 1.8	+ 2.8	+ 4.9	+ 5.3	+ 3.2	— 0.8	— 0.6	— 3.4
25	+ 1.2	+ 2.8	— 2.3	+ 6.5	+ 6.0	+ 3.0	— 5.2	— 3.4	— 6.1
26	+ 1.0	+ 0.3	— 2.0	+ 3.0	+ 4.7	+ 5.7	— 4.8	— 2.7	— 5.1
27	+ 1.2	+ 0.6	— 1.4	+ 2.3	+ 0.4	+ 1.7	— 3.2	— 0.8	— 4 0
28	— 0.6	— 1.5	— 3.8	— 2.3	— 0.4	+ 2.5	— 4.8	— 3.4	— 6.8
29	— 1.0	— 1.2	— 3.5	— 0.1	+ 2.0	+ 5.1			
30	— 2.3	— 2.5	— 4.4	+ 0.3	— 0.5	— 4.1			
31	— 1.4	— 2.2	— 4.3	— 0.2	— 0.8	— 3.8			
Moyennes	—2.60	—2.82	—4.37	+0.40	+0.96	+1.31	—1.58	—2 02	—2.93
	—2.60	—2.91	—4.32	+0.19	+1.09	+1.53	—1.41	—2.00	—3.08

MINIMA.

	MARS 1890			AVRIL 1890			MAI 1890		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	— 7.6	— 7.5	»	+ 6.0	+ 5.4	+ 1.8	+ 7.7	+ 7.1	+ 5.6
2	— 7.9	— 7.5	»	+ 3.7	+ 3.6	+ 3.0	+ 2.4	+ 3.2	+ 4.0
3	—12.0	— 9.7	—12.3	+ 6.1	+ 4.4	+ 3.9	+ 7.3	+ 9.4	»
4	— 9.0	— 8.8	—11.4	+ 3.7	+ 4.4	+ 3.7	+ 5.8	+ 8.1	»
5	— 9.8	— 5.6	— 8.5	+ 0.6	+ 2.7	»	+ 5.8	+ 6.6	»
6	— 5.2	— 3.7	— 5.3	+ 0.9	+ 3.6	+ 3.5	+ 4.0	+ 5.6	+ 6.8
7	0.0	+ 1.7	+ 0.3	+ 4.5	+ 6.2	+ 4.8	+ 9.2	+ 8.6	+ 8.1
8	— 3.2	— 1.5	+ 2.5	+ 4.6	+ 1.7	+ 0.8	+10.5	+ 9.6	+ 7.5
9	— 3.8	+ 2.2	+ 1.7	+ 2.7	+ 1.4	— 2.1	+ 5.2	+ 7.1	+ 5.4
10	— 1.5	— 1.4	— 3.3	+ 0.3	+ 0.7	— 1.2	+ 8.7	+ 9.4	+ 7.6
11	— 4.0	+ 1.2	— 0.2	+ 2.6	+ 1.6	— 0.1	+ 9.2	+ 8.2	+ 6.0
12	+ 5.0	+ 5.0	— 2.9	+ 2.1	0.0	— 1.1	+ 8.8	+10.7	+ 9.1
13	+ 3.3	+ 4.3	+ 2.0	— 2.8	— 1.0	— 0.2	+10.2	+ 9.2	+ 6.4
14	— 0.2	+ 4.7	+ 5.6	+ 5.7	+ 7.5	+ 5.5	»	+ 8.1	+ 5.4
15	+ 5.8	+ 6.6	+ 3.5	+ 5.4	+ 7.4	+ 3.5	»	+ 9.4	+ 7.8
16	+ 3.0	+ 6.1	+ 5.6	+ 5.0	+ 6.6	+ 1.8	+ 7.0	+ 9.0	+10.4
17	+ 3.0	+ 5.3	+ 2.3	+ 8.6	+ 7.6	+ 5.7	+ 7.4	+10.6	+10.8
18	— 0.3	+ 2.3	+ 1.0	+ 5.2	+ 5.6	+ 1.5	+11.0	+12.2	+10.1
19	0.0	+ 1.6	+ 1.4	+ 7.4	+ 7.8	+ 2.0	+10.8	+10.7	+ 6.8
20	— 1.7	+ 2.3	+ 1.6	+ 7.4	+ 7.0	+ 4.7	+ 9.6	+ 8.4	+ 5.8
21	— 1.4	+ 2.0	+ 1.0	+ 5.4	+ 5.4	+ 2.4	+ 9.7	+ 9.5	+ 7.2
22	— 2.5	+ 1.5	+ 2.7	+ 3.1	+ 5.1	+ 3.8	+11.8	+11.3	+ 8.4
23	+ 3.5	+ 4.6	+ 3.3	+11.3	+10.5	+ 7.7	+10.8	+12.7	+11.7
24	+ 6.8	+ 7.7	+ 5.7	+ 7.7	+ 7.1	+ 4.9	+11.5	+12.6	+13.0
25	+ 5.5	+ 4.2	+ 1.9	+ 8.8	»	+ 7.6	+10.8	+12.4	+12.9
26	+ 0.3	+ 4.4	+ 3.0	+ 5.5	+ 3.5	+ 1.8	+12.5	+13.5	+11.8
27	+ 0.2	+ 6.7	+ 6.1	+ 2.7	+ 3.4	+ 2.8	+10.2	+10.9	+ 8.9
28	— 0.2	+ 6.4	+ 7.5	+ 6.5	+ 5.1	+ 3.0	+11.9	+11.4	+ 8.9
29	+ 0.6	+ 5.4	+ 6.9	+ 1.0	+ 3.2	+ 2.6	+ 9.0	+ 7.9	+ 5.8
30	0.0	+ 6.1	+ 8.0	+ 4.8	+ 6.7	+ 6.4	+ 8.6	+ 9.6	+ 7.9
31	+ 0.5	+ 5.7	+ 8.1				+ 9.8	+ 9.6	+ 8.5
Moyennes	—1.06	+1.52	+1.30	+4.55	+4.53	+2.79	+8.87	+9.44	+8.16
	—0.63	+2.16	+1.13	+4.50	+4.52	+2.58	+9.17	+9.65	+8.29

MINIMA

	JUIN 1890			JUILLET 1890			AOUT 1890		
	P.	S.-G	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+10.6	+ 9.6	+ 6.3	+12.6	+10.6	+ 9.4	+12.9	+15.1	+18.1
2	+ 8.7	+ 6.8	+ 5.2	+ 9.3	+10.5	+ 9.3	+15.7	+17.2	»
3	+ 5.7	+ 7.4	»	+12.8	+12.8	+ 9.9	+12.6	+12.7	+10.1
4	+10.0	+10.6	+ 6.8	+13.0	+12.6	+11.8	+11.4	+12.6	+10.2
5	+11.2	+13.4	+14.3	+12.0	+14.2	»	+13.7	+12.2	+ 6.9
6	+13.7	+14.6	+12.3	+10.3	+ 9.8	+ 7.8	+15.7	+14.9	+12.3
7	+11.7	+12.0	+ 6.3	+ 7.0	+ 8.8	+ 6.8	+15.3	+15.6	+13.8
8	+10.2	+ 8.9	»	+ 8.8	+ 9.5	+ 9.4	+15.6	+15.6	+14.3
9	+12 8	+12.5	+ 9.7	+11.5	+13.4	+13.9	+14.7	+15.9	+14.9
10	+ 8.7	+10.6	+12.6	+15.8	+17.3	+16.1	+14.0	+16 0	»
11	+11.8	+12.6	+10.0	+15.7	+16.1	+13.8	+17.6	+18.3	+15.3
12	+ 9.4	+10.0	+ 7.5	+11.7	+11.2	+ 8.1	+14.2	+15.4	+14.8
13	+11.0	+10.6	+ 6.6	+ 8.8	+ 9.4	+ 7.0	+15.3	+16.6	+15.6
14	+ 8.8	+10.0	+ 8.0	+ 9.0	+10.8	+11.7	+14.5	+13.0	+11.0
15	+10.5	+ 9.4	+ 6.0	+11.2	+13.6	+15.5	+ 9.4	+ 9.4	+10.0
16	+ 7.4	+ 7.9	+ 7.2	+16.3	+16.6	+15.3	+ 9.2	+11.9	+14.4
17	+ 6.9	+ 9.1	+ 9.6	+15.0	+16.4	+17.9	+13.8	+16.7	+16.9
18	+13.2	+14.4	+13.6	+17.6	+16.4	+13.8	+16.3	+20.1	+13.9
19	+10.5	+12.1	+11.7	+11.2	+11.6	+10.5	+16.8	+19.6	+13.9
20	+14.0	+12.7	+11.0	+12.8	+12.0	»	+14.2	+14.6	+12.3
21	+10.6	+12.9	+15.0	+10.6	+12.0	»	+13.0	+13.8	+12.3
22	+15.2	+14.5	+15.8	+ 9.1	+ 9.4	+ 7.7	+11.1	+11.6	+12.0
23	+14.0	+13.6	+11.9	»	+15.0	+12.3	+10.2	+12.4	+11.4
24	+15.3	+14.1	+10.9	+13.0	+13.1	+11.4	+15.5	+15.6	+12.7
25	+11.7	+14.2	+14.6	+12.6	+13.4	+11.1	+10.6	+10.4	+ 8.3
26	+11.4	+13.8	»	+13.9	+13.7	+11.0	+ 6.8	+ 8.0	+ 8.0
27	+15.3	+16.6	+14.0	+12.7	+13.1	+11.2	+12.7	+13.8	+12.5
28	+17.1	+16.9	»	+10.5	+13.2	»	+11.5	+11.8	+10.5
29	+13.4	+11.9	+ 9.9	+16.2	+17.4	+14.2	+13.0	+11.7	+10.0
30	+ 7.0	+ 8.4	+ 9.2	+14.1	+15.6	+14.0	+ 7.7	+ 8.8	+ 7.0
31				+12.3	+15.0	+16.6	+10.2	+ 8.8	+ 6.9
Moyennes	+11.26 +10.99	+11.64 +11.48	+9.89 +10.00	+12.25 +12.41	+13.05 +13.06	+13.21 +12.79	+13.07 +12.78	+13.84 +13.50	+11.75 +11.73

MINIMA

	SEPTEMBRE 1890			OCTOBRE 1890			NOVEMBRE 1890		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+ 6.6	+ 6.6	+ 4.5	+11.6	+13.4	+13.5	»	+ 6.9	+ 4.5
2	+ 8.3	+ 7.6	+ 4.5	+13.3	+14.2	+12.3	+ 6.0	+ 5.7	+ 3.5
3	+ 7.8	+ 7.4	+ 4.8	+ 5.5	+ 5.8	+ 5.0	+ 3.3	+ 6.0	+ 4.0
4	+ 9.9	+ 9.2	+ 6.7	+ 4.7	+ 6.6	»	»	+ 4.9	+ 3.8
5	+11.2	+11.2	+ 9.4	+ 4.9	+ 6.8	+ 7.5	+ 3.6	+ 5.6	»
6	+11.4	+11.3	»	+ 4.1	+ 6.7	+ 8.0	+ 5.7	+ 5.2	+ 3.0
7	+ 9.4	+11.0	+ 8.2	+ 8.8	+ 8.8	+12.1	+ 0.6	+ 1 3	+ 1.7
8	+10.4	+ 9.9	+ 6.8	+ 9.4	+11.0	+12.5	+ 3.6	+ 3.3	»
9	+ 7.2	+ 7.6	+ 6.1	+ 7.8	+ 7.1	+ 3.6	+ 0.3	+ 2.4	+ 1.2
10	+ 7.2	+ 8.8	+ 8.6	+ 3.2	+ 4.9	+ 6.3	+ 3.5	+ 3.2	+ 0.9
11	+ 8.8	+11.6	+11.3	+ 4.8	+ 6.2	+ 8.3	+ 2.1	+ 1.6	0.0
12	+ 9.2	+11.7	+15.0	+ 5.7	+ 4.1	+ 8.5	+ 2.0	+ 3.2	+ 2.0
13	+ 9.8	+10.5	+ 7.6	+ 4.8	+ 4.4	+10.4	— 1.1	+ 0.8	+ 1.0
14	+ 6.0	+ 7.6	+ 6.3	+ 6.8	+ 5.8	+10.1	»	+ 3.5	+ 2.9
15	+ 8.2	+ 7.6	+ 9.9	»	+ 9.6	+11.2	+ 7.8	+ 8.2	+ 7.0
16	+ 8.4	+10.2	+10.8	+10.5	+ 8.3	+ 5.2	+ 6.8	+ 7.5	+ 5.3
17	+10.5	+12.5	+11.3	+ 4.1	+ 4.8	+ 3.2	+ 7.7	+ 6.8	+ 6.8
18	+ 9.2	+10.8	+11.6	+ 6.7	+ 5.8	+ 3.2	+ 7.4	+ 6.2	+ 4.2
19	+12.2	+12.4	+10.2	+ 6.8	+ 5.5	+ 3.7	»	+ 4.6	+ 2.8
20	+12.7	+14.3	»	+ 7.3	+ 6.2	+ 4.2	+ 7.3	+ 6.7	+ 4.1
21	+11.8	+12.1	»	+ 6.2	+ 5.2	+ 3.3	+ 3.4	+ 3.8	+ 3.7
22	+14.6	+15.2	+13.2	— 1.3	— 0.4	— 2.7	+ 7.3	+ 6.9	+ 4.5
23	+14.0	+13.4	+11.5	— 1.3	— 1.7	— 3.5	»	+ 2.7	+ 2.2
24	+11.3	+12.2	+10.2	+ 1.0	+ 1.6	— 0.8	»	+ 4.8	+ 3.7
25	+11.3	+10.8	+ 8.1	+ 4.2	+ 3.0	+ 1.0	+ 3.8	+ 2.3	+ 0.5
26	+11.8	+11.3	+ 8.5	+ 7.3	+ 7.5	+ 5.1	— 2.1	— 1.9	— 6.1
27	+ 7.8	+ 9.6	+ 8.8	+ 2.8	+ 3.5	+ 0.9	— 6.4	— 7.5	—10.9
28	+ 9.2	+ 7.6	+11.1	— 1.2	— 0.2	— 2.0	— 7.5	— 8.4	—12.4
29	+10.0	+10.1	+12.0	+ 0.2	— 1.0	— 3.8	— 5.0	— 6.4	— 9.5
30	+10.8	+12.6	+13.1	— 3.6	— 2.5	— 1.2	— 7.2	— 7.5	— 9.1
31				+ 1.8	+ 3.0	+ 1.2			
Moyennes	+9.90	+10.49	+9.26	+4.90	+5.28	+4.88	+2.20	+2.57	+0.90
	+9.67	+10.26	+9.26	+4.75	+5.07	+4.83	+1.93	+1.97	+0.05

MAXIMA

	DÉCEMBRE 1889			JANVIER 1890			FÉVRIER 1890		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+ 0.8	+ 0.4	− 3.5	+ 0.1	− 0.5	− 3.3	+ 2.4	+ 2.2	»
2	− 1.0	− 2.3	− 5.8	− 0.4	− 0.3	+ 5.0	+ 4.5	+ 3.9	+ 2.5
3	− 3.4	− 2.6	− 6.2	»	+10.7	+ 5.4	+ 3.8	+ 3.3	− 0.9
4	− 3.4	− 3.1	− 4.9	+13.6	+13.2	+10.7	+ 3.1	+ 3.6	+ 2.7
5	− 0.2	− 2.0	− 4.5	+13.5	+13.4	+10.3	+ 6.9	+ 6.9	+ 5.3
6	− 1.1	− 1.7	− 5.3	+10.4	+11.6	+10.5	+ 1.2	+ 0.1	− 3.4
7	− 0.8	− 1.6	− 4.9	+ 7.8	+10.0	+ 9.9	+ 0.6	− 0.5	− 3.3
8	− 1.3	− 1.9	− 6.4	+ 8.1	+10.3	+ 9.7	+ 1.0	+ 0.2	+ 2.9
9	− 3.0	− 1.4	+ 0.6	+ 7.1	+ 9.5	+ 8.4	+ 4.5	+ 4.7	+ 3.3
10	+ 3.3	+ 3.0	+ 4.7	»	+ 4.4	+ 6.8	+ 6.0	+ 6.1	+ 3.1
11	+ 7.5	»	+ 4.2	+ 9.5	+ 8.6	+ 5.4	+ 5.0	+ 3.8	+ 1.0
12	+ 5.1	+ 5.7	+ 1.0	+ 7.0	+ 6.1	+ 6.0	»	+ 0.8	− 0.7
13	+ 2.7	+ 2.2	− 0.7	+ 9.5	+ 9.6	+ 4.3	+ 8.0	+ 7.4	+ 4.4
14	+ 2.2	+ 1.2	+ 1.3	+ 6.0	+ 5.5	+ 5.3	+10.1	+ 9.3	+ 5.4
15	+ 1.6	+ 1.2	− 2.0	+ 6.8	+ 7.4	+10.8	»	»	+ 3.8
16	+ 2.8	+ 2.7	− 1.9	+ 3.3	+ 2.6	+ 0.3	+ 8.8	+ 7.8	+ 4.4
17	− 0.4	− 1.2	− 4.4	+ 3.6	+ 1.3	+ 0.3	+14.7	+12.6	+ 9.4
18	+ 1.1	+ 1.7	+ 2.6	+10.1	+10.2	+ 7.5	+14.6	+13.1	+10.4
19	− 3.4	− 2.5	+ 3.5	+ 9.6	+ 9.8	+ 9.5	+10.6	+ 9.6	+ 9.5
20	+ 0.5	+ 1.1	+ 6.6	+10.8	+12.3	+ 8.0	+10.0	+ 9.5	+11.2
21	+ 6.8	+ 5.6	+ 3.0	»	+ 8.5	+ 5.7	+ 4.2	+ 5.7	+ 4.5
22	+ 6.1	+ 5.6	+ 6.5	+12.0	+ 9.8	+ 9.5	+ 8.5	+ 7.1	+ 3.6
23	+ 7.8	+10.1	+ 7.8	+16.5	+16.3	+13.4	+ 5.5	+ 3.4	+ 1.3
24	+10.0	+ 9.4	+ 5.6	+13.0	+11.2	+ 8.5	+ 6.4	+ 3.8	+ 1.4
25	+ 6.8	+ 5.4	+ 1.5	+15.8	+16.3	+12.6	+ 1.6	+ 1.0	− 2.8
26	+ 5.1	+ 4.7	+ 0.1	+12.0	+10.5	+ 7.5	+ 8.0	+ 6.4	+ 3.6
27	+ 2.6	+ 4.7	− 0.4	+10.0	+ 9.6	+10.8	+ 6.8	+ 4.2	+ 1.3
28	+ 1.1	+ 2.2	− 1.6	+ 6.4	+ 8.0	+12.0	+ 1.6	− 0.8	− 2.8
29	+ 1.3	+ 0.8	− 0.9	+ 7.6	+ 7.3	+ 7.1			
30	+ 1.0	+ 2.3	− 3.4	+ 3.6	+ 2.7	− 1.5			
31	+ 1.0	− 0.4	− 2.5	+ 3.9	+ 3.6	− 0.6			
Moyennes	+1.44	+1.48	−0.58	+7.74	+8.32	+6.74	+6.00	+5.17	+2.82
	+1.33	+1.39	−0.83	+7.88	+8.14	+7.06	+6.14	+5.17	+3.07

MAXIMA

	MARS 1890			AVRIL 1890			MAI 1890		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+ 1.3	— 0.5	— *3.6*	+18.0	+17.0	+13.3	+12.8	+11.1	+ 9.0
2	+ 1.0	— 0.6	— *3.7*	+19.5	+18.1	+14.5	+20.1	+18.4	+15.4
3	+ 1.1	— 1.4	— 4.7	+19.4	+17.3	+13.5	+21.0	+19.2	»
4	+ 3.9	+ 2.7	— 1.4	+17.8	+16.7	+14.4	+22.3	+20.6	+*17.2*
5	+ 2.8	+ 0.4	— 2.1	+17.2	+16.5	+*13.3*	+19.7	+18.3	+*14.5*
6	+ 6.8	+ 7.3	+ 3.5	+18.6	+17.3	+13.5	+23.3	+21.1	+17.6
7	+12.1	+10.3	+ 7.4	+19.4	+17.5	+14.6	+22.6	+21.0	+16.4
8	+13.5	+12.3	+ 9.2	+12.2	+10.9	+ 6.7	+13.8	+13.3	+12.0
9	+ 9.8	+ 9.2	+ 5.8	+ 8.5	+ 6.6	+ 3.3	+21.3	+20.7	+15.4
10	+ 9.1	+ 7.4	+ 4.0	+11.6	+ 9.6	+ 6.7	+21.5	+20.9	+17.5
11	+10.8	+ 9.1	+ 5.6	+10.8	+ 9.3	+ 6.6	+19.4	+17.3	+14.5
12	+ 9.4	+ 7.8	+ 4.6	+11.4	+ 8.6	+ 5.4	+22.1	+17.7	+15.5
13	+18.5	+17.2	+12.9	+15.1	+14.3	+10.1	+14.7	+14.6	+12.3
14	+17.0	+17.0	+12.9	+15.2	+14.6	+11.2	+*19.0*	+17.1	+13.9
15	+14.8	+15.3	+11.6	+13.1	»	+10.1	+*22.0*	+19.6	+16.1
16	+13.5	+13.3	+10.6	+18.2	+16.0	+ 9.1	+24.4	+24.7	+21.3
17	+11.6	+10.5	+ 7.5	+18.4	+16.4	+12.7	+25.5	+24.3	+21.4
18	+14.4	+12.4	+ 9.9	+10.6	+ 9.8	+ 9.1	+22.6	+21.4	+17.7
19	+12.4	+11.1	+ 7.6	+17.6	+15.9	+12.7	+23.0	+21.1	+17.6
20	+13.4	+10.8	+ 7.8	+13.2	+10.8	+ 8.3	+15.4	+14.9	+10.3
21	+14.1	+12.3	+ 8.2	+15.2	+11.8	+ 8.6	+18.1	+15.3	+11.9
22	+15.0	+13.3	+11.6	+19.4	+17.3	+15.4	+21.8	+20.1	+17.3
23	+16.7	+15.6	+12.8	+19.2	+15.8	+12.9	+25.6	+24.7	+20.7
24	+16.6	+14.6	+11.9	+12.2	+13.1	+ 8.2	+28.6	+27.3	+23.6
25	+ 7.3	+ 6.3	+ 5.5	+19.2	+*18.0*	+14.1	+27.5	+26.6	+23.1
26	+15.5	+13.8	+10.5	+15.4	+13.9	+14.2	+22.4	+21 6	+19.0
27	+17.6	+*16.4*	+14.0	+16.2	+13.8	+10.5	+20.8	+21.4	+15.7
28	+22.8	+21.3	+17.5	+14.8	+11.7	+ 8.5	+19.4	+17.2	+12.6
29	+23.2	+22.3	+19.1	+18.5	+16.1	+13.3	+15.8	+14.7	+13.4
30	+22.8	+21.6	+18.1	+20.4	+18.4	+*15.9*	+22.5	+20 8	+18.7
31	+22.6	+21.1	+17.0				+22.0	+19.5	+17.8
Moyennes	+12.63	+11.13	+8.93	+15.88	+14.11	+10.77	+21.03	+19.56	+16.35
	+13.27	+11.96	+8.75	+15.63	+13.86	+10.67	+21.04	+19.68	+16.45

MAXIMA

	JUIN 1890			JUILLET 1890			AOUT 1890		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+19.5	+11.9	+14.1	+22.8	+21.4	+19.0	+33.2	+33.3	»
2	+20.1	+18.2	»	+22.3	+20.2	+19.1	+30.4	+30.7	+24.6
3	+24.0	+23.2	+19.3	+22.9	+22.7	+21.6	+24.2	+22.3	+18.4
4	+26.4	+25.1	+22.0	+27.2	+25.8	+22.7	+23.8	+21.9	+18.8
5	+26.3	+24.1	+20.6	+20.8	+22.6	»	+21.9	+19.6	+17.6
6	+25.3	+23.5	+20.8	+20.4	+19.3	+16.2	+22.3	+20.9	+19.6
7	+22.0	+20.3	»	+20.6	+19.2	+16.5	+25.4	+24.3	+21.5
8	+20.8	+19.5	+16.1	+20.4	+20.4	+24.1	+25.4	+24.3	+21.3
9	+24.1	+22.4	+20.3	+27.0	+25.9	+23.7	+29.6	+28.9	»
10	+29.0	+27.3	+23.3	+27.1	+26.1	+25.4	+31.5	+31 3	+22.2
11	+22.5	+21.6	+18.7	+20.4	+22.2	+18.5	+27.9	+27.1	+24.8
12	+22.0	+20.5	+17.4	+16.8	+16.2	+12.8	+27.6	+27.3	+24.6
13	+18.1	+17.6	+14.9	+21.6	+20.2	+16.6	+27.1	+27.1	+22.9
14	+17.4	+15.8	+11.4	+27.0	+25.4	+23.0	+20.6	+19.4	+17.7
15	+18.1	+16.8	+13.4	+30.8	+30.1	+26.6	+23.7	+22.8	+21.0
16	+20.8	+19.2	+15.6	+29.3	+28.0	+25.3	+29.2	+28.4	+24.9
17	+25.4	+24.7	+20.6	+32.1	+31.6	+28.4	+30.4	+29.9	+26.2
18	+21.4	+20.6	+17.6	+23.4	+23.1	+20.5	+31.4	+31.1	+27.6
19	+25.4	+24.7	+23.5	+21.6	+20.6	»	+27.2	+26.3	+22.4
20	+26.2	+24.8	+21.6	+18.5	+17.3	»	+20.6	+20.3	+18.4
21	+30.1	+29.1	+25.7	+20.6	+18.9	+17.6	+25.2	+24.1	+21.6
22	+27.7	+26.1	+23.0	+24.4	+22.5	+19.7	+24.4	+23.3	+20.1
23	+24.0	+21.3	+20.5	+24.0	+21.9	+17.9	+26.8	+27.0	+24.4
24	+26.4	+24.3	+21.8	+25.5	+23.6	+21.1	+23.4	+22.8	+20.1
25	+29.0	+27.8	»	+24.4	+22.6	+19.4	+17.0	+17.0	+13.1
26	+32.1	+31.6	+28.2	+25.5	+23.9	+21.1	+23.6	+22.9	+19.7
27	+29.7	+28.9	»	+26.9	+26.1	+22.4	+25.6	+25.1	+24.4
28	+24.0	+23.3	+25.4	+30.4	+30.3	+26.8	+21.4	+21.2	+19.4
29	+21.0	+19.6	+16.6	+28.2	+26.9	+24.6	+15.9	+15.4	+12.6
30	+22.0	+20.7	+18.1	+29.7	+28.5	+25.3	+19.9	+18.9	+16.9
31				+31.0	+30.1	+26.6	+13.8	+12.4	+ 9.4
Moyennes	+24.03 +23.40	+22.57 +21.98	+19.46 +18.96	+24.99 +25.54	+23.66 +24.08	+21.47 +21.64	+24.85 +23.98	+24.21 +23.16	+20.36 +20.38

MAXIMA									
	SEPTEMBRE 1890			OCTOBRE 1890			NOVEMBRE 1890		
	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.	P.	S.-G.	V.
1	+17.0	+15.6	+12.9	+24.9	+24.0	+21.0	+11.4	+10.6	+ 9.0
2	+18.0	+16.4	+13.5	+20.6	+20.3	+16.6	+13.9	+12.9	+10.6
3	+19.1	+17.4	+14.6	+17.7	+16.4	+13.0	+11.7	+11.1	+ 7.7
4	+19.2	+17.9	+14.8	+19.5	+18.5	+17.0	+14.2	+12.9	+11.1
5	+21.9	+20.2	+16.4	+20.6	+19.7	+16.3	+10.6	+10.8	+ 6.0
6	+22.6	+21.1	+18.0	+20.0	+20.1	+18.5	+10.1	+ 9.6	+ 7.1
7	+23.4	+22.5	+19.0	+22.6	+22.0	+20.4	+ 9.7	+10.0	+ 5.8
8	+21.1	+19.6	+15.9	+20.0	+20.3	+16.6	+ 7.4	+ 7.1	+ 6.0
9	+21.4	+20.3	+16.8	+15.9	+14.2	+11.2	+ 8.2	+ 9.2	+ 5.4
10	+25.0	+24.6	+20.8	+17.6	+16.8	+14.6	+ 7.6	+ 7.0	+ 3.5
11	+25.8	+25.9	+22.3	+18.1	+17.3	+15.9	+ 7.4	+ 6.7	+ 4.6
12	+24.8	+24.0	+20.7	+18.9	+18.7	+17.7	+11.2	+ 9.9	+ 6.2
13	+21.7	+21.0	+17.0	+19.9	+20.3	+17.7	+ 7.2	+ 6.5	+ 8.6
14	+22.1	+21.7	+18.3	+21.9	+21.9	+18.7	+10.7	+10.3	+12.6
15	+24.2	+24.0	+20.1	+17.2	+18.1	+15.4	+15.9	+13.6	+11.6
16	+24.7	+24.3	+20.4	+14.2	»	+ 8.5	+11.2	+11.2	+ 9.0
17	+24.2	+23.8	+20.4	+11.2	+11.2	+ 7.3	+14.8	+14.1	+10.5
18	+22.2	+19 9	+17.0	+12.6	+12.4	+ 8.7	+10.6	+10.2	+ 6.4
19	+23.2	+22.3	+18.7	+10.9	+ 9.4	+ 5.6	+10.8	+ 9.1	+ 6.0
20	+17.6	+18.3	+16.8	+11.8	+10.8	+ 6.8	+ 9.7	+ 9.1	+ 5.9
21	+21.4	+20.2	+19.4	+12.7	+11.6	+ 7.2	+11.0	+ 9.9	+ 6.8
22	+22.1	+22.6	+24.0	+ 8.0	+ 6.8	+ 3.4	+10.2	+ 9.3	+ 6.3
23	+19.2	+18.9	+17.6	+ 8.1	+ 6.9	+ 3.6	+ 8.2	+ 7.1	+ 9.7
24	+14.9	+14.5	+11.5	+ 4.9	+ 4.3	+ 5.3	+16.7	+16.8	+12.7
25	+16.6	+15.2	+12.9	+10.6	+10.3	+ 8.6	+ 6.6	+ 5.5	+ 2.6
26	+19 7	+18.5	+15.8	+10.9	+10.1	+ 7.6	+ 1.6	− 0.3	− 3.1
27	+20.6	+19.3	+16.4	+10.3	+ 8.4	+ 5.0	− 3.7	− 5.3	− 9.0
28	+23.3	+23.9	+21.5	+ 6.2	+ 5.1	+ 1.5	− 3.4	− 5.0	− 8.7
29	+24.1	+23.9	+21.3	+ 7.0	+ 5.8	+ 2.6	− 3.0	− 4.7	− 7.8
30	+24.1	+23.6	+20.5	+ 6.6	+ 6.0	+ 4.1	+ 0.1	0.0	− 4.1
31				+10.6	+10.8	+ 7.5			
Moyennes	+20.51	+20.71	+17.82	+14.49	+14.18	+10.90	+7.77	+7.42	+5.26
	+21.61	+20.81	+17.82	+14.59	+13.86	+11.04	+7.43	+6.67	+3.79

COUP D'ŒIL HISTORIQUE

SUR LA

MARCHE DE LA ZOOLOGIE

SES PROGRÈS ET SES TENDANCES

DISCOURS DE RÉCEPTION

A L'ACADÉMIE DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS DE LYON

Lu dans la séance publique du 1er juillet 1890

PAR

LE Dr HENRI SICARD

Doyen de la Faculté des Sciences.

MESSIEURS,

Ma premiere pensée, comme mon premier devoir, est de vous remercier aujourd'hui du grand honneur que vous m'avez fait en m'accordant une place parmi vous. Je vous en suis d'autant plus reconnaissant, que j'attache plus de prix à une distinction réservée à ceux qui, par le goût et la culture des Sciences, des Lettres ou des Arts, vous ont paru dignes de vos suffrages; et si quelque chose pouvait ajouter pour moi à ce prix, c'est l'éclat du nom de mon prédécesseur, l'éminent

M. Chauveau, qui, à la suite de son départ pour Paris, a pris rang parmi les membres émérites de votre Académie.

Quand vous m'avez donné le siège laissé vacant par un tel maître, vous n'avez pas pensé, Messieurs, que je le remplacerais, mais vous avez voulu témoigner de l'importance qu'avait à vos yeux la science à laquelle j'ai consacré ma vie, et dont l'enseignement m'est confié dans notre Université lyonnaise. J'espère donc répondre à votre sentiment en vous entretenant de cette science, et en recherchant avec vous la place qu'elle occupe dans le mouvement scientifique contemporain; je serai amené ainsi à jeter un coup d'œil sur la marche de la Zoologie et à signaler les progrès qu'elle a réalisés à notre époque.

I.

L'étude des animaux, qui fait l'objet de la Zoologie, date de la plus haute antiquité, et Aristote avait déjà poussé cette étude si loin, que nous sommes aujourd'hui saisis d'admiration devant l'œuvre accomplie par son génie.

« Le principal des écrits d'Aristote, dit Cuvier, est son « *Histoire des animaux*, que je ne puis lire sans être ravi « d'étonnement. On ne saurait concevoir, en effet, comment « un seul homme a pu recueillir et comparer la multitude de « faits particuliers que supposent les nombreuses règles géné- « rales, la grande quantité d'aphorismes renfermés dans cet « ouvrage, et dont ses prédécesseurs n'avaient jamais eu « l'idée (1). »

Tel est le jugement porté sur la Zoologie d'Aristote par un des maîtres, et l'un des plus grands, de la Zoologie moderne.

(1) G. Cuvier. *Histoire des sciences naturelles depuis leur origine.....* Paris, 1841, t. Ier.

Après Aristote, il faut franchir tout le Moyen Age et arriver au XVI[e] siècle pour voir se produire en Zoologie des travaux de quelque intérêt, sorte de prélude au mouvement de renaissance des Sciences naturelles, qui se manifesta au siècle suivant, le XVII[e], et auquel se rattachent les noms illustres de Malpighi, Leeuwenhoeck, Swammerdam.

En 1707, naquit Linné. Nul parmi les naturalistes de tous les temps n'a atteint un aussi haut degré de renommée et de gloire que l'auteur du *Systema naturæ;* il exerça dans le domaine des Sciences naturelles une autorité sans égale, et jamais peut-être royauté ne fut mieux établie que la sienne. Quand aujourd'hui nous parcourons l'histoire de ce grand homme, nous ne remarquons pas sans quelque surprise quels témoignages d'admiration lui furent prodigués par ses contemporains, témoignages justifiés à la vérité par son génie, mais qui, à toutes les époques, n'ont été accordés que par exception aux hommes dont la supériorité est purement intellectuelle.

Quand l'illustre naturaliste suédois mourut, en 1778, il avait accompli une œuvre immense. Il avait créé la nomenclature binaire, dès lors suivie pour la dénomination des formes animales et végétales ; il avait introduit l'ordre et la clarté dans le chaos des connaissances acquises sur le monde vivant ; il avait réformé l'Histoire naturelle et lui avait donné un caractère véritablement scientifique. Ainsi s'explique l'influence considérable, la domination, peut-on dire, exercée par Linné dans le domaine des Sciences de la Nature ; il fut un chef d'école dans la plus large acception du mot, et il compte encore de fidèles et nombreux disciples, qui considèrent la Botanique et la Zoologie comme définitivement circonscrites dans leur objet et leur méthode par les travaux du maître.

Dénommer les formes vivantes de façon à les désigner sans confusion possible; en donner des diagnoses à la fois claires et concises; les distribuer en groupes, c'est-à-dire les classer d'après leurs caractères de ressemblance, voilà ce que fit Linné, et jamais peut-être progrès plus grand ne fut réalisé en Histoire naturelle par un seul homme. Mais bon nombre de ceux qui l'ont suivi ont eu le tort de croire que la dénomination et la description des espèces étaient l'unique but que devait se proposer le naturaliste, et qu'en cela consistait toute sa mission. Or, l'étude des êtres vivants, celle des animaux en particulier, a depuis franchi ces limites, et, en se développant dans des voies nouvelles, a élargi le champ de la Zoologie, sans sortir du domaine qui lui appartient.

A peine semblerait-il nécessaire de formuler cette vérité, si on ne voyait qu'elle a été méconnue souvent, et par les meilleurs esprits. Comment, par exemple, n'être pas surpris en lisant ce passage emprunté à notre grand physiologiste Claude Bernard :

« La Zoologie, donnant la description et la classification des « espèces, n'est qu'une science d'observation qui sert de ves- « tibule à la vraie science des animaux. Le zoologiste ne fait « que cataloguer les animaux d'après les caractères extérieurs « et intérieurs de forme, suivant les types et les lois que la « nature lui présente dans la formation de ces types. Le but « du zoologiste est la classification des êtres, d'après une sorte « de plan de création, et le problème se résume pour lui à « trouver la place exacte que doit occuper un animal dans une « classification donnée (1). »

Ainsi, pour Claude Bernard, la Zoologie n'est pas la *vraie science* des animaux; c'est la Physiologie. Que la Physiologie

(1) Claude Bernard. ***Introduction à l'étude de la Médecine expérimentale***, p. 184.

en soit une partie, et une partie des plus considérables, nous n'y contredisons pas, mais qu'elle la constitue tout entière, c'est difficile à admettre, et quand un physiologiste le soutient, on songe malgré soi au : « Vous êtes orfèvre, M. Josse, » de Molière.

Pour le Chef de l'École physiologique, les sciences se divisent en sciences naturelles ou d'*observation*, qui sont : l'Astronomie, la Géologie, la Minéralogie, la Botanique et la Zoologie, et en sciences d'*expérimentation,* comprenant la Physique, la Chimie et la Physiologie. Celle-ci se distingue donc de la Zoologie par la méthode spéciale de recherche qu'elle emploie, et cette méthode expérimentale conduisant à des résultats incomparablement supérieurs à ceux qu'on peut tirer de la simple observation, il s'ensuit que tous les progrès qu'on doit attendre de l'avenir touchant la science des animaux seront réalisés par la Physiologie.

En dehors de l'École, cette manière de voir souleva naturellement des protestations, de la part de l'éminent professeur de la Sorbonne en particulier, M. de Lacaze-Duthiers, qui réfuta les idées de Claude Bernard dans une Introduction magistrale placée en tête du premier volume des *Archives de Zoologie expérimentale,* et revendiqua pour la Zoologie, comme le proclamait le titre même de ce recueil, le droit de recourir à l'expérimentation. Ce fut là une réaction énergique contre les prétentions de l'École physiologique, et la cause soutenue par le vaillant champion de la Zoologie est aujourd'hui gagnée.

L'expérimentation est, en effet, une méthode de recherche qui n'est l'apanage exclusif d'aucune science, mais qui permet d'arriver à la solution de maints problèmes qui seraient insolubles par l'observation seule; les problèmes de ce genre se présentent en nombre plus ou moins grand suivant l'ordre

d'études qu'on poursuit, et quand une science fait couramment usage de cette méthode, il est bien évident qu'elle mérite d'être qualifiée d'expérimentale; mais il n'y a là rien d'absolu, car, je le répète, toute science peut, dans certains cas, recourir avec profit à l'expérimentation, la Zoologie, tout comme les autres sciences dites naturelles, ou d'observation.

En Géologie, ne sait-on pas que cette méthode a été appliquée avec succès par M. Fouqué, l'éminent professeur du Collège de France, à l'étude des éruptions volcaniques? Et en Astronomie même, ne l'avons-nous pas vue utilement employée pour résoudre des questions délicates de physique céleste par notre collègue, M. André, le savant Directeur de l'Observatoire de Lyon?

Je ne me propose pas de refaire ici, après M. de Lacaze-Duthiers, la démonstration que la Zoologie « peut et doit être expérimentale » selon son expression; je me bornerai à remarquer qu'elle usait de ce droit longtemps avant qu'il lui fût contesté. N'est-ce pas par des expériences que Trembley était arrivé (1744) à la découverte de tant de faits intéressants et curieux concernant les Hydres ou Polypes d'eau douce? Et les expériences de Huber sur les Abeilles! n'est-ce pas à elles que l'on doit de connaître l'histoire de ces Insectes?

La Zoologie ne saurait donc être circonscrite à cette partie de l'étude des animaux qui a pour objet leur description et leur classification. Ce n'est là qu'une des branches de cette science, celle qu'on appelle la Zoologie systématique, la première qui se soit développée sous la puissante influence de Linné. Au début, ce furent les caractères extérieurs qui servirent à peu près exclusivement à distinguer et à classer les animaux, mais Linné avait compris l'utilité que devait avoir

la connaissance de l'organisation pour déterminer leurs véritables rapports.

Il a nettement formulé sa pensée à cet égard dans l'aphorisme suivant : « La division naturelle des animaux doit être établie d'après leur structure », et, en effet, dans les dernières éditions du *Système de la Nature,* il se sert de caractères tirés de la conformation du cœur, de la disposition des organes respiratoires, etc...

C'est en partant de ce principe, et en s'appuyant sur les données de l'Anatomie, que Cuvier trouva la source des grands progrès qu'il fit faire à la Zoologie, et par là le Chef de l'École anatomique se rattache à l'auteur du *Systema Naturæ.* Ses travaux lui valurent une renommée comparable à celle de Linné, et l'autorité qu'il exerça dans le domaine de la Zoologie ne fut pas moindre que celle de son illustre devancier. Sa carrière réalisa les paroles prophétiques d'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire qui lui écrivait, en 1794, pour l'attirer à Paris : « Venez jouer parmi nous le rôle de Linné, d'un autre législateur de l'Histoire naturelle. »

Cuvier, en effet, en se fondant sur l'Anatomie, réforma la Zoologie systématique, et de ses recherches sortit le grand et bel ouvrage intitulé : *Le Règne animal distribué d'après son organisation*, ouvrage qui fut regardé comme donnant le cadre définitif de la classification zoologique. Ce qu'il y a de capital dans cette distribution du règne animal établie par Cuvier, c'est l'introduction de quatre grandes divisions qu'il a nommées *embranchements*, et qui correspondent, d'après lui, à quatre plans différents d'organisation. « J'ai trouvé, « dit-il, qu'il existe quatre formes principales, quatre plans « généraux, d'après lesquels tous les animaux semblent avoir « été modelés, et dont les divisions ultérieures, de quelque « nom que les naturalistes les aient décorées, ne sont que des « modifications assez légères, fondées sur le développement

« ou sur l'addition de quelque partie, mais qui ne changent « rien à l'essence du plan (1). » On connaît ces quatre embranchements qui sont ceux des Vertébrés, des Mollusques, des Articulés et des Rayonnés.

L'œuvre accomplie par Cuvier marque l'un des plus grands progrès qu'ait jamais fait la Zoologie ; ceux-là même doivent le reconnaître qui ne partagent pas les idées philosophiques de l'illustre naturaliste, et nous ne saurions invoquer à cet égard de témoignage plus décisif que celui d'un savant étranger, du champion le plus ardent de la doctrine transformiste, Ernest Hæckel, professeur à l'Université d'Iéna : « Parmi les nombreux et grands services, dit-il, que Cuvier « rendit à la Zoologie, il faut placer au premier rang la dis- « tinction des grands groupes principaux de la nature, qu'il « dénomma branches ou types du règne animal, et qu'il « caractérisa par les traits fondamentaux essentiels, persis- « tants, de leur structure anatomique intérieure. C'est, « dit-il ailleurs, le plus grand progrès taxinomique qui ait été « accompli depuis Linné (2). »

La classification exposée dans le règne animal parut trouver une remarquable confirmation dans les résultats auxquels l'étude du développement conduisit peu après Von Baer (1828). Celui-ci reconnut, en effet, dans le mode d'évolution des animaux des formes correspondant aux quatre embranchements que Cuvier avait établis d'après leur structure. Ainsi s'ouvrait une voie nouvelle, dans laquelle les données fournies par l'embryologie devaient être appliquées à la détermination des rapports unissant les animaux entre eux.

(1) Cuvier. *Annales du Muséum*, t. XIX, p. 76.

(2) E. Hæckel. *Histoire de la Création*, tr. fr. Paris, 1874, pp. 47 et 436.

On sait quel essor a pris l'histoire du développement et la place considérable qu'elle occupe aujourd'hui. Nous aurons à y revenir; mais il nous faut d'abord envisager une question capitale qui, du moment où elle a pris naissance, a divisé les naturalistes en deux camps opposés. Cette question est celle de l'*Espèce*.

II.

Les naturalistes ont considéré l'*Espèce* comme formée par un ensemble d'individus semblables et ayant une origine commune.

« *Tot numeramus species*, a dit Linné, *quot ab initio* « *creavit infiuitum Ens.* »

Chaque espèce produite par un acte particulier de création se serait perpétuée à travers les âges avec les mêmes caractères qu'elle avait au début, c'est-à-dire qu'elle serait invariable et fixe.

Cette opinion était celle de Cuvier, comme elle avait été celle de Linné, et aux yeux de l'auteur du Règne animal, la fixité de l'espèce avait une telle importance, qu'il voyait en elle « une condition nécessaire à l'existence même de l'Histoire naturelle. » Cette notion de l'espèce regardée comme invariable était généralement acceptée, et paraissait même hors de discussion ; pourtant, Buffon avait déjà émis des vues différentes sur ce point, signalant l'enchainement des êtres et les transformations dont ils sont susceptibles. Le passage suivant relatif à la parenté des formes vivantes est des plus remarquables : « Nous pourrions nous prononcer plus affirmativement, dit Buffon, si les limites qui séparent les espèces

ou la chaîne qui les unit nous étaient mieux connues; mais qui peut avoir suivi la grande filiation de toutes les généalogies de la nature ? Il faudrait être né avec elle et avoir, pour ainsi dire, des observations contemporaines. C'est beaucoup, dans le court espace qu'il nous est permis de saisir, d'observer ses passages, d'indiquer ses nuances et de soupçonner les transformations infinies qu'elle pût subir ou faire depuis les temps immenses qu'elle a travaillé ses ouvrages (1). »

La théorie transformiste est en germe dans ces lignes; mais c'est au commencement de ce siècle seulement que Lamarck, le premier, exposa comme doctrine scientifique l'hypothèse de la variabilité de l'espèce, hypothèse qui considère les êtres organisés comme issus d'une forme primitive très simple dont ils ne seraient que les rejetons diversement modifiés et transformés à travers les âges. Il fit connaître cette théorie dans le remarquable ouvrage publié en 1809 sous le titre de *Philosophie zoologique;* mais Lamarck devançait son époque; il devait être méconnu. Ses idées passèrent inaperçues et n'obtinrent même pas les honneurs de la discussion, tant la croyance à la fixité de l'espèce était alors dominante. C'est seulement après une longue période d'oubli que justice lui a été rendue comme au véritable auteur de la doctrine transformiste. Quand celle-ci, un demi-siècle plus tard, fut présentée de nouveau et développée par l'illustre Darwin, elle recevait le nom de *Darwinisme*, tandis qu'elle doit légitimement porter celui de *Lamarckisme*. L'œuvre immense du grand naturaliste anglais suffit à sa gloire, sans qu'il soit besoin d'y rien ajouter d'étranger.

(1) C'est à M. de Lanessan, qui a publié récemment une nouvelle édition des œuvres de Buffon, que revient le mérite d'avoir mis en lumière le rôle de cet illustre naturaliste comme précurseur de Lamarck et de Darwin. (V. Introd. aux Œuvres complètes de Buffon. Ed. de Lanessan, 1886.)

La question fondamentale de la variabilité de l'espèce est posée par Lamarck dans les termes suivants : « Ce n'est pas « un objet futile que de déterminer positivement l'idée que « nous devons nous former de ce que l'on nomme des « *espèces* parmi les corps vivants, et que de rechercher s'il « est vrai que les espèces ont une constance absolue, sont « aussi anciennes que la nature, et ont toutes existé origi- « nairement, telles que nous les observons aujourd'hui ; ou « si, assujetties aux changements de circonstances qui ont « pu avoir lieu à leur égard, elles n'ont pas changé de carac- « tère et de forme par la suite des temps (1). »

Invoquant les preuves tirées de la difficulté même que présente la détermination des espèces, entre lesquelles il existe si souvent des nuances telles qu'elles se fondent pour ainsi dire les unes dans les autres, Lamarck conclut à leur variabilité. Pour expliquer les variations subies par elles, il fait intervenir l'action de deux causes principales : la première consiste dans l'influence des circonstances extérieures, dont les changements amènent de nouveaux besoins, qui ne peuvent être satisfaits que par des modifications appropriées de l'organisme. On désigne aujourd'hui les phénomènes de cet ordre sous le nom d'*adaptation*. La seconde n'est autre que l'*hérédité*, dont le rôle est considérable, et en vertu de laquelle tout changement produit dans l'organisation des individus se transmet par voie de reproduction à leur descendance. De plus, Lamarck considère le *temps* comme élément nécessaire de la transformation des espèces, celles-ci ne se modifiant que lentement et par gradations insensibles.

« Ainsi, dit-il, parmi les corps vivants, la nature ne nous « offre, d'une manière absolue, que des individus qui se « succèdent les uns aux autres par la génération, et qui pro-

(1) *Philosophie zoologique.* Ed. Martins, t. I, p. 71.

« viennent les uns des autres; mais les *espèces* parmi eux « n'ont qu'une constance relative et ne sont invariables que « temporairement (1). »

D'après cette théorie, Lamarck envisage la classification comme l'expression des rapports de parenté qui existent entre les espèces; pour lui, les animaux des différents groupes sont unis par un lien commun de filiation. Chez eux, l'organisation va se perfectionnant et se compliquant, depuis les formes les plus simples jusqu'aux formes les plus élevées, bien qu'il existe certaines lacunes, certaines anomalies résultant de circonstances accidentelles. Il n'admet pas que les êtres forment une série linéaire, continue, comme le pensait Bonnet; mais « ils forment, dit-il, une série rameuse, irrégulièrement graduée, et qui n'a pas de discontinuité dans ses parties, ou qui, du moins, n'en a pas toujours eu, s'il est vrai que, par suite de quelques espèces perdues, il s'en trouve quelque part. Il en résulte que les espèces qui terminent chaque rameau de la série générale tiennent, au moins d'un côté, à d'autres espèces voisines qui se nuancent avec elles (2). »

A l'appui de cette manière de voir, il signale l'existence d'animaux intermédiaires entre des groupes qui semblaient séparés par des caractères bien tranchés, tels que l'Ornithorhynque et l'Echidné, entre les Mammifères et les Oiseaux.

Ces idées, en opposition avec celles qui régnaient alors, ne rencontrèrent qu'indifférence ou dédain. Elles avaient d'autant moins de chances de fixer l'attention que la doctrine contraire avait pour elle, avec l'assentiment général, l'autorité toute puissante de Cuvier. Elles devaient cependant trouver un défenseur contre Cuvier lui-même dans l'un des hommes

(1) *Loc. cit.*, p. 90.
(2) *Loc. cit.*, p. 77.

qui, par la force de l'intelligence, comme par l'élévation du caractère, ont jeté le plus d'éclat sur la Zoologie française, dans Étienne Geoffroy Saint-Hilaire.

Les tendances de ces deux grands esprits étaient opposées : l'un, Geoffroy Saint-Hilaire, entraîné vers les idées de généralisation et de synthèse ; l'autre, Cuvier, partisan exclusif de l'analyse et faisant profession de *s'en tenir à l'exposé des faits*. Ils devaient nécessairement arriver à une conception différente du monde vivant, et la divergence de leurs vues, que n'avaient pu empêcher ni leur étroite amitié, ni la communauté de leurs premiers travaux, éclata aux yeux du public dans la discussion célèbre qui s'éleva, en 1830, au sein de l'Académie des Sciences et qui eut un tel retentissement au dehors, que Gœthe lui consacra le dernier écrit sorti de sa plume. C'est avec un intérêt passionné, en effet, que l'auteur de *Faust*, qui était aussi un grand naturaliste, avait suivi ce mémorable débat, où était discuté le problème fondamental de l'Histoire naturelle.

Geoffroy Saint-Hilaire soutenait que les animaux sont formés sur un même plan général et ne présentent entre eux que des différences résultant de modifications subies par ce plan dans ses parties accessoires ; c'était la théorie de l'*Unité de Composition organique*. Les modifications éprouvées par les êtres vivants, sous l'influence des conditions de milieu, entraînent leur variation, d'où il suit que les espèces n'ont pas le caractère de fixité qu'on leur attribuait, et que celles qui vivent actuellement descendent, par voie continue de génération, d'un type primitif commun.

On voit combien ces vues se rapprochent de celles de Lamarck. « Au fond, dans cet ordre d'idées, dit Is. Geoffroy Saint-Hilaire en parlant de son père, il procède de Lamarck, et il s'est plu à se proclamer lui-même, en plusieurs occasions, le disciple de son illustre collègue. » Mais l'intérêt

spécial qui s'attache à l'œuvre de Geoffroy Saint-Hilaire, c'est qu'on y voit cette conception du monde vivant découler des beaux travaux d'Anatomie comparée par lesquels l'auteur fut conduit à établir sa *Théorie des Analogues*, qui, en se fondant sur le *Principe des Connexions* et la loi du *Balancement des Organes*, donne les règles à suivre pour la détermination des parties analogues, c'est-à-dire de même nature, dont la recherche fait l'objet de la Philosophie anatomique (1).

Ainsi, les résultats obtenus dans cette voie confirmaient la doctrine zoologique de Lamarck, comme l'ont plus tard confirmée les données fournies par l'Embryogénie et par la Paléontologie ; cette convergence de preuves semble aujourd'hui décisive, mais il n'en était pas ainsi quand s'engagea la lutte entre Geoffroy Saint-Hilaire et Cuvier. La croyance à l'invariabilité de l'espèce était générale et la doctrine de l'Unité de Composition organique allait à l'encontre des idées reçues ; celles-ci devaient, en outre, trouver dans Cuvier non seulement un défenseur éloquent, mais un défenseur d'une autorité sans égale ; dans ces conditions la victoire ne pouvait rester à Geoffroy Saint-Hilaire, et, en effet, l'opinion de la plus grande partie, de la totalité même des naturalistes, se prononça-t-elle contre lui. Les vues de Cuvier devaient encore dominer la Science pendant de longues années ; celles de Lamarck, de Geoffroy Saint-Hilaire paraissaient définitivement condamnées, au point que Flourens, à propos de la fixité de

(1) V. *Vie, Travaux et Doctrines scientifiques d'Ét. Geoffroy Saint-Hilaire*, par son fils Is. Geoffroy Saint-Hilaire. Paris, 1847.

Nota. — Aujourd'hui on emploie, en général, le mot *analogue* dans une acception différente ; on qualifie ainsi les organes qui ont le même rôle physiologique, et on appelle *homologues* les organes qui ont la même signification morphologique.

l'espèce, pouvait écrire, en 1841, les lignes suivantes, qui montrent bien le peu de considération qu'on leur accordait alors :

« On connaît les idées de M. de Lamarck. Et ces idées « étonnent dans un homme d'un génie si élevé et d'un si « grand savoir (1). »

Cependant, ces idées se faisaient jour, quoique lentement, dans la science. Un botaniste éminent, M. Charles Naudin, les appliquait, en 1852, au règne végétal; à l'étranger, elles comptaient quelques partisans, mais elles étaient repoussées par presque tous les naturalistes, quand parut, en 1859, le livre célèbre de Darwin sur l'*Origine des Espèces*. La puissance avec laquelle la question était traitée, le nombre de preuves apportées par l'auteur à l'appui de son opinion forcèrent l'attention du monde savant, et on peut mesurer la valeur de l'ouvrage à la vivacité de la polémique qu'il souleva entre les partisans et les adversaires de la doctrine qui y était exposée. Accueillie par les uns avec enthousiasme, combattue par les autres avec passion, elle devint l'objet d'une controverse à laquelle se sont trop souvent mêlées des préoccupations étrangères à la recherche de la vérité scientifique. Mais quelle qu'ait été la violence des attaques dirigées contre lui, l'auteur de l'*Origine des Espèces* n'en a pas moins réussi à provoquer un mouvement considérable en faveur de la doctrine généalogique, et à éclairer d'un jour nouveau la Science des êtres organisés.

Il existe une connexité étroite entre l'œuvre accomplie par un homme de génie et les conditions dans lesquelles il a vécu. A ce point de vue, la vie de Darwin présente un intérêt particulier, et il ne vous semblera pas inutile d'en noter les traits principaux.

(1) Flourens. *Analyse raisonnée des travaux de G. Cuvier*. Paris, 1841, p. 252.

III.

Charles Darwin naquit le 12 février 1809, à Shrewsbury; il entra, en 1825, à l'Université d'Édimbourg et alla ensuite à Cambridge, où il termina ses études. Bientôt après, en 1831, il partit à bord du *Beagle* (Chacal) comme membre d'une expédition scientifique envoyée par le gouvernement anglais autour du monde, et spécialement chargée d'explorer divers points peu connus de la mer du Sud. Ce voyage eut une influence décisive sur la direction donnée par Darwin à ses travaux, et c'est en voyant se dérouler sous ses yeux, au cours de cette longue navigation, les phénomènes si variés que lui offraient la faune et la flore des pays qu'il visitait, que se posa pour lui le problème à la solution duquel il devait consacrer tous ses efforts, celui de l'origine des formes organisées.

A son retour, après une absence de cinq années, riche d'observations et de faits accumulés, mais épuisé par les fatigues qu'il avait supportées, Darwin se retira à la campagne, dans son domaine de Down, situé dans le comté de Kent. C'est là que, dans le calme d'une retraite féconde, il s'occupa à mettre en œuvre les matériaux qu'il avait amassés, et à édifier la doctrine qui porte son nom.

Une heureuse destinée, en lui donnant les loisirs que concède la fortune, le mit à même de concentrer toute l'activité de son esprit sur l'étude des questions les plus élevées de la philosophie naturelle.

Les premières publications de Darwin portèrent sur des sujets spéciaux que ses voyages lui avaient fourni l'occasion d'étudier (1); en 1845, parut le *Voyage d'un naturaliste autour*

(1) Darwin collabora d'abord à la partie zoologique et géologique de la relation scientifique du voyage exécuté par le *Beagle*. Puis il donna

du monde. Ce récit, sous forme de journal, de la campagne à laquelle Darwin avait pris part à bord du *Beagle*, renferme un nombre considérable d'observations qui offrent un intérêt d'autant plus grand qu'on y trouve l'origine des idées que le savant voyageur devait développer par la suite dans ses écrits. Cependant, il n'exposa les principes de sa doctrine que plusieurs années après, en 1859, époque à laquelle il fit paraître l'*Origine des Espèces*.

Ainsi, pendant une période qui va de 1836 à 1859, Darwin élabora avec une admirable patience l'œuvre qu'il méditait, réunissant les preuves, contrôlant les faits, soumettant ses idées à la critique la plus sévère, avant de formuler la théorie qui devait l'illustrer; magnifique exemple de désintéressement et de probité scientifiques, qui fait un singulier contraste avec la hâte fâcheuse que mettent tant de chercheurs à publier des résultats souvent incertains, pour fixer sur eux l'attention et atteindre prématurément à la renommée. Peut-être même Darwin aurait-il travaillé plus longtemps à perfectionner sa doctrine, avant de la faire connaître au public, s'il n'y avait été pour ainsi dire contraint par une circonstance toute particulière. Un de ses compatriotes, en effet, naturaliste voyageur des plus distingués, Russel Wallace, avait été conduit par ses études sur l'histoire de l'archipel malais à des conclusions analogues aux siennes, relativement à l'origine des

dans un ouvrage remarquable (1) le résultat de ses observations sur le mode de formation des récifs de Corail et des îles madréporiques; il montra comment la distribution et la forme particulière de ces récifs et de ces îles s'expliquent par des causes naturelles tenant aux conditions d'existence des polypes qui les constituent, et aux mouvements d'exhaussement et d'affaissement du fond de la mer. Ce travail seul suffirait à la réputation de Darwin, comme naturaliste; on en peut dire autant de la belle monographie qu'il publia sur les *Cirripèdes* (2).

(1) *Les Récifs de corail, leur structure et leur distribution*, par Charles Darwin, trad. par M. L. Cosserat. Paris, 1878.

(2) *A. monograph. of the Sub.-Class. Cirripedia*, 2 vol., London, 1851-1854.

espèces; il se décida alors, sur l'insistance de ses amis, Lyell et Hooker, qui étaient au courant de ses travaux, à donner un résumé de ses idées, qui parut, en même temps que le mémoire de Wallace, dans le journal de la Société linnéenne de Londres.

La doctrine de Darwin, comme celle de Lamarck, repose sur l'hypothèse de la variabilité et de la formation généalogique des espèces; mais ce qui constitue l'œuvre propre de Darwin, c'est qu'il a appuyé cette hypothèse sur l'observation d'un nombre immense de faits, et qu'il l'a complétée par l'introduction d'un principe nouveau d'une grande importance, le principe de la *sélection naturelle.* Prenant pour point de départ les variations produites sous l'influence de la domesticité et de l'élevage, c'est-à-dire par sélection artificielle, Darwin s'est demandé s'il n'existait pas dans la nature un procédé analogue, entraînant la modification lente des formes vivantes; ce procédé, il l'a trouvé dans les conditions d'existence auxquelles sont soumis les êtres organisés. Pour ceux-ci, en effet, la vie est un combat dans lequel succombent ceux qui sont moins bien doués que les autres pour soutenir la lutte, le *struggle for life* du savant anglais; et il ne peut en être autrement, car étant donnée la proportion suivant laquelle se multiplieraient les individus, si rien ne les arrêtait dans leur développement, les éléments nécessaires à la vie, la nourriture et l'espace même, manqueraient bientôt à la surface de la terre. « C'est, dit Darwin, la doctrine de Malthus appliquée aux règnes animal et végétal, agissant avec toute sa puissance, et dont les effets ne sont mitigés ni par un accroissement artificiel de nourriture, ni par les entraves restrictives apportées à la reproduction (1). »

(1) Darwin *Origine des Espèces,* trad. Moulinié, p. 68.

Dans cette concurrence qui s'établit ainsi entre tous les êtres vivants, la victoire appartient à ceux qui, par une particularité quelconque de leur organisation, se trouvent supérieurs à leurs rivaux. Ceux-ci sont condamnés à périr, tandis que les premiers seront appelés à se reproduire, et c'est ce résultat fatal de la lutte pour l'existence que Darwin a appelé du nom de « survivance du plus apte ». Mais l'avantage, dont la possession a assuré le triomphe de certains individus privilégiés, sera transmis par eux à leurs descendants, en vertu d'une loi d'hérédité dont Lamarck avait déjà indiqué toute la valeur; parmi ces derniers, les mieux dotés, à leur tour, l'emporteront sur leurs compétiteurs, et, à chaque génération, la particularité primitive constituant un caractère de supériorité s'accentuera de plus en plus, et finira par acquérir assez d'importance pour différencier les organismes ainsi modifiés de leurs premiers parents. Ils formeront d'abord une variété, puis une espèce distincte.

La lutte pour l'existence joue donc le même rôle que l'éleveur ou le cultivateur au moyen de la sélection artificielle, et elle opère une véritable sélection naturelle. Mais combien celle-ci est plus puissante que la sélection pratiquée par l'homme! Elle peut s'exercer, en effet, pendant des périodes auprès desquelles les époques historiques n'ont qu'une durée insignifiante, et elle atteint ainsi des effets prodigieux par l'accumulation des résultats. Le temps est un facteur qui a une importance capitale pour la transformation des formes vivantes, car la sélection naturelle n'agit qu'avec une extrême lenteur; mais la science nous apprend que les âges géologiques ont une incalculable longueur, et comment assigner une limite à l'étendue des changements qu'ont pu subir les êtres organisés pendant leur cours?

Ainsi, la sélection naturelle, en développant les variations avantageuses, combine ses effets avec ceux de l'hérédité et de

l'adaptation au milieu, pour amener la transformation des organismes dont les caractères n'ont par conséquent rien de fixe ni d'invariable. Les formes qui constituent ce qu'on appelle des *espèces* en Histoire naturelle, unies par une commune origine, représentent les dernières ramifications de l'abre généalogique des animaux ou des végétaux.

Le *Darwinisme* consiste essentiellement dans cette théorie de la sélection naturelle. Le rôle que cette sélection joue dans la nature, si bien étudié par Darwin, si bien mis en lumière par lui, nul ne songe plus à le contester aujourd'hui, et les adversaires de la théorie ne discutent guère que sur les limites dans lesquelles peut s'exercer son action (1). Mais le grand naturaliste anglais, frappé de l'étendue des effets produits par la sélection, s'est laissé entraîner peut-être à lui accorder une importance trop exclusive, et n'a-t-il pas assez tenu compte d'autres facteurs, tels que l'influence du milieu par exemple, qui interviennent activement dans la modification des êtres organisés. C'est ce qu'il a d'ailleurs reconnu lui-même avec une parfaite bonne grâce, car il a dit dans un ouvrage ultérieur : « On peut donc accorder avec sûreté aux résultats « directs et indirects de la sélection naturelle une extension « très grande ; mais, après avoir lu l'essai de Nægeli sur les « plantes et les remarques faites par divers auteurs sur les « animaux, plus particulièrement celles récemment énoncées « par le professeur Broca, j'admets que, dans les premières « éditions de mon *Origine des Espèces*, j'ai probablement trop « attribué à l'action de la sélection naturelle, ou à la survi- « vance du plus apte (2) ».

(1) V. de Quatrefages. *Charles Darwin et ses précurseurs français*, p. 87 et suiv.

(2) Ch. Darwin. *La descendance de l'homme*, trad. franç., t. I, p. 163.

Quoi qu'il en soit, l'œuvre de Darwin a provoqué un mouvement considérable dans les études relatives au monde vivant et servi de point de départ à des progrès qui resteront acquis à la Science, en dehors de toute doctrine.

IV.

C'est dans l'Embryologie, en particulier, que les partisans du transformisme ont trouvé des arguments à l'appui de leurs idées, et les recherches de cet ordre ont été poursuivies dans ces dernières années avec beaucoup d'activité. La valeur des données fournies par cette branche de la Science avait été reconnue avant qu'on en recherchât la signification au point de vue généalogique ; mais l'histoire du développement des animaux est récente, et l'on ne pouvait prévoir à ses débuts, combien elle serait féconde en résultats. Depuis les belles et fondamentales découvertes de Von Baer (1828), que de progrès accomplis dans cette voie ! D'abord, l'Embryologie a démontré l'exactitude de la théorie de l'*Épigénèse,* formulée par Gaspard Wolff, au siècle dernier, théorie qui considère la formation du jeune animal comme résultant de la production successive, à l'aide de matériaux tirés du dehors, des parties élémentaires qui le constituent. C'est là aujourd'hui une vérité au-dessus de toute discussion, mais qui, selon la loi commune, n'a pas pris place dans la Science sans opposition, et l'on sait que Cuvier, demeuré fidèle à l'ancienne doctrine de l'*emboîtement des germes*, en resta toute sa vie l'adversaire.

Comment s'opère cette formation de l'organisme ? De quelle façon se constituent les différentes parties qui le composent ? Voilà ce qu'il appartient à l'Embryologie de nous

faire connaître. Or, les résultats obtenus depuis l'apparition de l'ouvrage célèbre de Von Baer, en 1828, (1), ont établi ce point fondamental que l'organisme tout entier se forme par multiplication d'un élément primordial, qui est l'œuf, ou *ovule,* d'où il dérive.

En même temps que l'Embryologie, se développait une branche nouvelle de la Science, l'Anatomie générale, fondée par Bichat au commencement de notre siècle, et qui, grâce à l'emploi du microscope, poussait à ses dernières limites l'analyse des parties constituantes de l'être vivant.

Bichat avait distingué divers tissus entrant dans la composition du corps des animaux; l'Histologie décomposa ces tissus en leurs éléments et rechercha quelle en était la nature. Or, elle a découvert que ces éléments avaient une origine commune et que, sous des formes variées produites par différenciation, c'était un même élément primitif qui, en se répétant un nombre immense de fois, constituait l'organisme tout entier. Cet élément primitif, c'est la *cellule*, et on appelle *Théorie cellulaire* celle qui conçoit les êtres organisés comme des composés de cellules. Schleiden formula le premier cette théorie pour les végétaux, en 1838, et peu après, en 1839, Schwann démontra qu'elle était également vraie pour les animaux.

Qu'est-ce donc que la celulle ? Sous ce nom (2), on désigne une petite masse de matière azotée vivante, ou de *protoplasma*, qui, à l'état le plus simple, consiste en un globule de

(1) Von Baer. *Ueber Entwickelungsgeschichte der Thiere*, *Beobachtung und reflexion.* Königsberg, 1828.

(2) Le mot *cellule*, dont on se sert pour désigner d'une manière générale l'élément primordial constitutif des organismes, est dû à un botaniste français, De Mirbel, qui appela ainsi cet élément observé par lui dans les végétaux, parce qu'il s'y présentait sous forme d'une cavité limitée par une paroi, et renfermant un contenu.

substance amorphe, mais qui ordinairement renferme à l'intérieur un petit corps différencié, ou *noyau,* et se limite à l'extérieur par une couche plus dense qui forme une enveloppe membraneuse.

Schwann pensait que les cellules peuvent apparaître par formation libre dans un liquide organisé particulier, ou *blastème*, épanché entre les éléments anatomiques préexistants, mais Remak, en 1852, montra que les cellules nouvelles proviennent toujours de cellules antérieures, et cette manière de voir, confirmée par les travaux de Virchow sur le terrain de l'anatomie pathologique, fut résumée par lui dans l'adage célèbre : *Omnis cellula e cellulà.*

Aujourd'hui, il est établi d'une part que la cellule est l'élément primordial constitutif des organismes, soit animaux, soit végétaux, et d'autre part que la cellule en est aussi l'origine, car l'*ovule* n'est pas autre chose qu'une cellule ; magnifique concordance de résultats, qui donne une base solide à la conception de l'être vivant envisagé comme un assemblage d'individus élémentaires, formant par leur union de véritables sociétés.

Cette théorie de la cellule, d'une portée si grande à tous les points de vue, marque sans contredit le plus éclatant progrès que la science des êtres organisés ait fait dans notre siècle. L'investigation microscopique permettra-t-elle de pousser l'analyse plus loin et de décomposer la cellule à son tour en éléments plus simples ? Certaines observations, en particulier celles qui ont été faites dans ces derniers temps sur les phénomènes de division qui ont pour siège le noyau, semblent l'indiquer, sans qu'il soit encore possible de rien affirmer à cet égard (1).

(1) V. les travaux de Flemming, Strasburger, L. Guignard...

Tous les êtres organisés, partant de la cellule ovulaire comme origine, se différencient au cours de leur évolution embryonnaire pour atteindre la forme adulte propre à chacun d'eux, et cette évolution individuelle retrace à nos yeux les grandes lignes de celle qui a produit à travers les âges l'espèce à laquelle ils appartiennent. Par cette communauté d'origine s'explique la remarquable similitude que présentent les embryons au début de leur développement, similitude observée déjà par Von Baer sur les embryons des Mammifères, des Oiseaux et des Reptiles.

Quand les ovules se développent de même façon jusqu'au bout, ils donnent naissance à des individus semblables, ayant les mêmes caractères morphologiques, et faisant partie d'une même *espèce;* dans le cas contraire, les adultes s'écartent d'autant plus les uns des autres par leurs caractères zoologiques que l'évolution des embryons a suivi plus tôt une voie différente. Ainsi l'Embryogénie, conformément à la doctrine transformiste, nous montre les animaux comme formant, non pas une échelle continue depuis le plus simple jusqu'au plus élevé, mais comme représentant les rameaux d'un même arbre généalogique. On conçoit de quelle valeur doivent être les données fournies par leur développement pour l'appréciation des liens de parenté qui les unissent; c'est à elles que l'on demande aujourd'hui de nouvelles bases pour la classification.

A Von Baer revient l'honneur d'avoir ouvert cette voie; mais l'histoire du développement, pour les Invertébrés en particulier, bien incomplète encore, était alors à peine ébauchée et la distinction faite par lui de quatre modes d'évolution correspondant à autant de divisions primaires, ou types du Règne animal, n'est plus d'accord avec les faits connus aujourd'hui.

Après Von Baer, c'est un des maîtres les plus éminents de la Zoologie française, Henri Milne Edwards qui, le premier,

montra dans un important mémoire sur les Crustacés (1), le parti qu'on pouvait tirer de l'Embryogénie pour la connaissance de ces animaux et l'appréciation de leurs véritables rapports. Il insista sur la ressemblance d'autant plus grande des embryons que leur développement est moins avancé. « Les changements de forme, dit-il, subis par les Crustacés, dans le jeune âge, tendent toujours à imprimer à l'animal un caractère de plus en plus spécial et à l'éloigner davantage du type commun du groupe naturel dont il fait partie. »

Depuis lors, l'Embryogénie a éclairé bien des points de classification douteux, et c'est d'elle qu'on doit attendre une réponse aux questions, en grand nombre, qui restent à résoudre.

Avec Cuvier, à la période purement systématique, avait succédé la période anatomique; celle-ci a fait place maintenant à la période embryogénique.

Les progrès de l'Embryogénie nous conduiront-ils à une classification des animaux basée sur leur véritable filiation? Ce serait peut-être se faire illusion que d'y compter, et quelque confiance qu'on ait dans les résultats promis par cet ordre de recherches, on ne peut se défendre de penser avec Hæckel que « jamais l'arbre généalogique du monde ne sera parfait. »

Actuellement, les vieux cadres sont brisés, et les essais tentés jusqu'ici pour en dresser de nouveaux n'ont que partiellement réussi; le tableau d'ensemble réunissant les groupes d'ordre divers, mis à leur vraie place selon leurs rapports de parenté, n'est pas encore fait. Pour accomplir cette œuvre, souhaitons qu'un autre Linné vienne avec un égal génie et avec les ressources de la science moderne « interpréter aux hommes le livre de la nature », selon les paroles de J.-J. Rousseau à l'illus-

(1) H. Milne Edwards, *Ann. des Sc. naturelles*, t. XXX.

tre Suédois (1). Ce livre merveilleux est ouvert devant nous ; la Science nous apprend à le déchiffrer, bien lentement à la vérité, mais en nous mettant à même d'en comprendre quelques pages, elle nous procure une des plus grandes et des plus pures jouissances qu'il nous soit permis de goûter.

(1) Lettre de J.-J. Rousseau à Linné, 21 septembre 1771.

OBSERVATIONS

DES

TACHES SOLAIRES

FAITES EN 1889 A L'OBSERVATOIRE DE LYON

PAR

M. E. MARCHAND

Météorologiste-Adjoint à l'Observatoire de Lyon.

Le tableau suivant renferme le résumé des observations de taches solaires faites à l'Observatoire de Lyon pendant l'année 1889; nous l'avons prolongé jusqu'au 31 mars 1890, pour y comprendre la tache de très haute latitude signalée récemment par divers observateurs.

La première colonne du tableau donne, pour chaque mois, la proportion (en centièmes) des jours d'observation où le disque du soleil n'a présenté aucune tache ; la deuxième donne les dates extrêmes d'observation de chaque groupe de taches; la troisième et la quatrième, les latitudes *moyennes* des groupes observés; la cinquième, les surfaces *moyennes* totales (noyaux et pénombres) de ces groupes, ramenées au centre du disque et exprimées en millionièmes de l'aire de l'hémisphère visible.

Janvier	1889	0.57	11		+6	0.5
—	—		15-16		+11	14
Février	—	0.50	2-6	—4		32
—	—		6	—4		1
—	—		6		+10	0.5
—	—		23-26	—6		17
Mars	—	0.38	11	—1		1
—	—		6-13	—6		8
—	—		13-16		+6	45
Avril	—	0.61	5-10		+5	40
—	—		12-13	—3		1
Mai	—	0.93	7	- 6		47
Juin	—	0.50	17-26	—5		460
Juillet	—	0.41	5	—1		1
—	—		12-18	—8		32
—	—		12-24	—10		350
—	—		29-31		+4	16
Août	—	0.00	29-5	—1		17
—	—		3-10	—20		222
—	—		9-17	—8		222
—	—		9 19	—9		41
Septembre	—	0.61	27-7	—20		141
—	—		3-5	—12		0.5
—	—		24-3	—24		73
Octobre	—	0.60	10	—24		2
—	—		16		+22	22
Novembre	—	1.00	»	»	»	»
Décembre	—	0.55	12	—5 ?		63 ?
—	—		18-21		+22	16
—	—		18-24	—26		4
Janvier	1890	0.33	9	—29		4
—	—		18-21		+23	63
—	—		18		+26	0.5
Février	—	0.90	1-2		+24	20
Mars	—	0.78	8-13		+33	51

Ce tableau indique d'abord (première colonne) que les taches ont été particulièrement rares en mai et novembre. A Lyon, nous n'en avons vu aucune du 11 avril au 4 mai (11 observations), du 11 mai au 15 juin (16 observations), ni

du 12 octobre au 4 décembre (18 observations). C'est après le premier de ces minima bien marqués que les taches, rassemblées près de l'Équateur au début de l'année, commencent à se montrer à des latitudes supérieures à 20°, et après le deuxième qu'elles sont devenues fréquentes à ces latitudes. Dans nos observations, ce changement se manifeste au début du mois d'août; mais plusieurs petites taches de durée éphémère, signalées par le P. Perry ou M. Spörer, nous ont échappé en juin et juillet, par suite de diverses circonstances (ciel couvert surtout) qui ont interrompu les observations : 5 juin, petite tache à — 29°; 30 juin et 1er juillet, petit groupe à — 40°; 26 et 28 juillet, petit groupe à — 25°. Ainsi que l'a déjà remarqué M. Spörer, c'est donc en juin 1889 que les taches ont commencé à se montrer assez fréquemment dans les hautes latitudes.

Mais, de juin à septembre, il y avait encore, en même temps que ces taches de haute latitude, d'autres groupes voisins de l'Équateur, tandis que, depuis octobre et surtout depuis décembre, il n'y en a plus qu'au delà de ± 20°.

De plus, l'hémisphère nord, qui n'en contenait presque pas jusqu'en octobre, devient, au contraire, le plus riche en taches depuis cette époque. C'est dans cet hémisphère qu'est apparue, le 4 mars, la tache nucléaire signalée d'abord par M. Dierckx; cette tache, assez étendue (surface le 8, 140), s'est segmentée rapidement en plusieurs noyaux qui se sont réduits progressivement à de simples pores et ont disparu du 13 au 15; la latitude moyenne de l'ensemble était de + 33°.

OSCILLATIONS DIURNES

DU

MAGNÉTISME TERRESTRE

OBSERVÉES A LYON

ET DÉDUITES DU MAGNÉTOMÈTRE MASCART

PAR

M. Ch. ANDRÉ

I. — Année et saisons moyennes.

Le tableau qui suit et les courbes qui l'accompagnent renferment le résumé des nombres relevés sur notre enregistreur magnétique depuis 1884 jusqu'à la fin de 1889. Pour chacun des éléments magnétiques, déclinaison, composante horizontale et composante verticale, on a relevé heure par heure, pendant ces six années, les indications de l'enregistreur, et l'on a pris la moyenne des indications correspondantes à la même heure du jour : on a obtenu ainsi des nombres qui, pour l'ensemble des six années, sont évidemment indépendants des perturbations magnétiques et qui donnent la marche normale de chacun des éléments. On a a fait de même pour chacune des saisons météorologiques;

on a ainsi le jour magnétique moyen de l'année et de chaque saison.

Nous nous sommes d'ailleurs contentés de donner le tableau des nombres relatifs à l'année moyenne, et de figurer par des courbes les résultats relatifs aux saisons.

JOUR MAGNÉTIQUE MOYEN

HEURES	ÉCARTS A LA MOYENNE DE LA			HEURES	ÉCARTS A LA MOYENNE DE LA		
	COMPOSANTE VERTICALE en 1/10.000	COMPOSANTE HORIZONTALE en 1/10.000	DÉCLINAISON en minutes		COMPOSANTE VERTICALE en 1/10.000	COMPOSANTE HORIZONTALE en 1/10.000	DÉCLINAISON en minutes
0	0,3 +	+ 2,8	— 1'5	12	3,0 —	— 3,3	+ 4'0
1	0,0	+ 2,2	— 1,4	13	2,7 —	— 2,3	+ 4,8
2	0,1 —	+ 1,5	— 1,2	14	0,8 —	— 1,8	+ 4,3
3	0,2 —	+ 1,7	— 1,1	15	0,5 +	— 1,7	+ 3,1
4	0,2 —	+ 1,7	— 1,1	16	1,5 +	— 1,5	+ 1,7
5	0,0	+ 1,9	— 1,4	17	1,7 +	— 1,1	+ 0,7
6	0,0	+ 1,8	— 1,7	18	1,9 +	+ 0,2	0,0
7	0,2 —	+ 0,7	— 2,1	19	1,7 +	+ 1,6	— 0,5
8	0,1 +	— 1,5	— 2,3	20	1,5 +	+ 2,6	— 0,8
9	0,7 —	— 3,9	— 1,8	21	1,3 +	+ 3,0	— 1,1
10	1,7 —	— 5,4	— 0,3	22	0,9 +	+ 3,1	— 1,4
11	2,8 +	— 4,9	+ 1,9	23	0,5 —	+ 3,0	— 1,5

Le signe + indique pour la déclinaison une marche vers l'ouest.
— — pour les composantes une augmentation.

L'inspection du tableau et des courbes montre que pour la :

a). Déclinaison. — 1° A partir de 8 heures du matin, l'aiguille aimantée se dirige vers l'ouest, en suivant le soleil jusque vers 1 heure 15^{m} ; après être restée sensiblement stationnaire pendant plus d'une demi-heure, elle retourne assez rapidement vers l'est. A partir de 6 heures du soir, la marche

vers l'est devient plus lente; et l'on peut dire, en faisant abstraction d'un léger maximum secondaire qui a eu lieu vers 4 heures du matin, que pendant toute la nuit l'aiguille de déclinaison est sensiblement immobile.

2° L'aiguille de déclinaison passe par la position moyenne deux fois pendant la durée du jour moyen; la première fois à 10 heures du matin, la seconde fois à 7 heures 9^m du soir. En outre, ces heures de passage par la valeur moyenne, sont sensiblement les mêmes pour toutes les saisons; si bien que, dans nos régions, on peut très sensiblement obtenir la valeur moyenne diurne de la déclinaison, au moyen d'une seule observation faite régulièrement chaque jour à l'une des heures que nous venons d'indiquer.

3° L'heure de la plus grande digression vers l'ouest est aussi sensiblement la même, 1 heure 15^m pour chacune des saisons de l'année.

L'heure de la plus grande digression vers l'est varie au contraire avec la saison : plus hâtive, vers 6 heures 30^m, en été, elle retarde progressivement jusqu'à l'hiver, 8 heures 15^m en automne et 9 heures en hiver, pour avancer à 8 heures 12^m au printemps.

4° L'inflexion secondaire de la nuit, qui est presque nulle en automne et en hiver, devient un peu sensible au printemps; mais elle n'est réellement importante qu'en été, où le maximum correspondant d'écart vers l'ouest a lieu vers 3 heures 15^m du matin.

b). Composante horizontale. — 1° Dans le jour magnétique moyen de l'année, la valeur de la composante horizontale offre un minimum bien caractérisé vers 10 heures 15^m du matin; un minimum secondaire a lieu vers 2 heures 40^m du matin; ces deux minimums sont séparés par deux maximums

presque aussi importants l'un que l'autre, dont le premier correspond à 5 heures du matin et le second est voisin de 9 heures du soir. Ainsi, la composante horizontale diminue à partir de 5 heures du matin, pour atteindre son minimum absolu à 10 heures 15^m ; et à partir de là, elle augmente à peu près régulièrement jusque vers 9 heures du soir, pour rester à peu près stationnaire, à part quelques oscillations secondaires, pendant toute la durée de la nuit.

2° Les heures de passage par la valeur moyenne sont très variables d'une saison à l'autre ; on ne peut donc avoir d'heure invariable toute l'année pour une observation unique régulière de cet élément.

3° Les inflexions secondaires du soir et de la nuit sont les plus sensibles en automne ; en hiver, au contraire, on peut les négliger complètement.

c). Composante verticale. — 1° Pour le jour moyen de l'année, comme pour celui d'une saison quelconque, la composante verticale peut être considérée comme étant invariable pendant toute la nuit ; pendant l'été, où elles ont la plus grande durée, ses variations s'étendent de 5 heures du matin à 6 heures du soir ; en hiver, où elles durent le moins, elles se limitent entre 8 heures 40^m du matin et 4 heures du soir.

2° L'époque du minimum est sensiblement la même, 9 heures 10^m du matin, pour toute l'année ; de même aussi, une des heures de passage par la valeur moyenne est à fort peu près invariable, 2 heures 30^m de l'après-midi.

II. — Comparaison des années successives.

Les résultats que nous venons d'indiquer s'appliquent à l'année et aux saisons moyennes. La comparaison des valeurs moyennes des années successives conduit aussi à des résultats

intéressants. L'importance de la variation diurne d'un élément magnétique quelconque se manifeste par la grandeur de la différence qui existe entre sa plus grande et sa plus petite valeur. C'est ce que l'on appelle l'*amplitude* diurne de cet élément. Or, comparées à ce point de vue, les diverses années dont nous nous occupons sont loin d'être semblables; en général, l'amplitude d'un quelconque de nos éléments va en diminuant progressivement, à partir du commencement de l'intervalle qui nous occupe. C'est ce que montre le tableau suivant, où les amplitudes de la déclinaison sont données en minutes et en centièmes de minute, et celles des deux composantes en dix millièmes de leurs valeurs, et où les nombres inscrits pour la composante horizontale sont les moyennes des

ANNÉE	AMPLITUDES DIURNES MOYENNES DE LA		
	DÉCLINAISON	COMPOSANTE horizontale	COMPOSANTE verticale
1884	9'45	1,01	0,60
1885	8,20	0,92	0,59
1886	7,35	0,89	0,56
1887	6,53	0,74	0,50
1888	6,10	0,77	0,48
1889	5,97	0,65	0,33

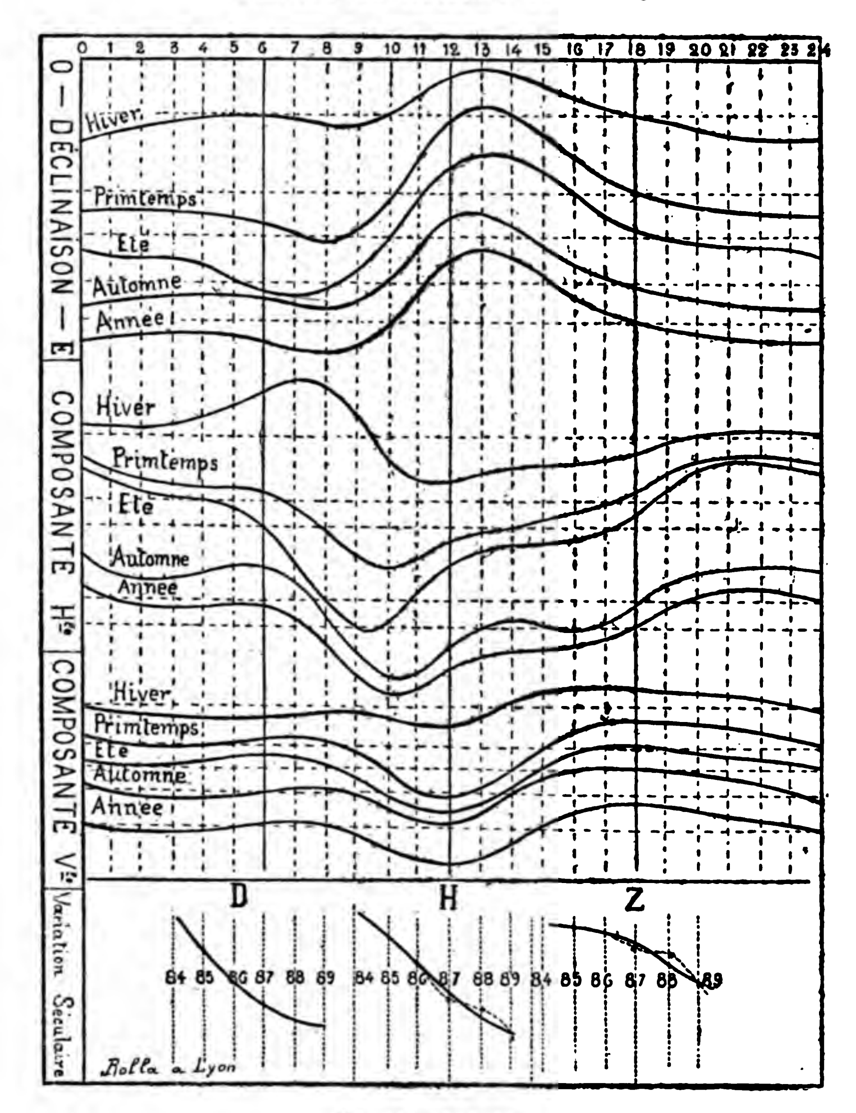
amplitudes provenant du maximum moyen de 5 heures du matin et du maximum moyen de 10 heures du soir, comparés au minimum de 10 heures du matin. Ces nombres ont d'ailleurs été traduits en courbes au bas de la planche ci-contre.

Les nombres relatifs à la déclinaison sont surtout intéressants; ils montrent que l'amplitude diurne de cet élément

VARIATIONS DIURNES

DES ÉLÉMENTS MAGNÉTIQUES A LYON

POUR L'ANNÉE MOYENNE 1884-1889



ÉCHELLES

COURBES DIURNES

DÉCLINAISON : 2^mm 5 par minute.
COMPOSANTE H^le : 2^mm par 1/10.000 de la valeur de la composante.
COMPOSANTE V^le : Id. id. id.

COURBES DE LA VARIATION SÉCULAIRE DE L'AMPLITUDE DIURNE

DÉCLINAISON : 5^mm par minute.
COMPOSANTE H^le : 4^mm par 1/10.000 de la valeur de la composante.
COMPOSANTE V^le : Id. id. id.

après avoir commencé à décroître d'une façon régulière dans les premières années de la série, voit son décroissement devenir beaucoup moins rapide et même être presque nul à la fin de l'année 1889.

Cette allure de la variation de l'amplitude concorde avec celle de la fréquence et de l'étendue des taches solaires, qui a conduit M. R. Wolf à la période undécennale, dont il a été question dans une communication de M. Marchand (1), et elle aussi paraît indiquer que la fin du minimum de cette période ne saurait être bien éloigné de la fin de l'année 1889. Les déterminations absolues faites à l'Observatoire avaient d'ailleurs également amené à une conclusion semblable.

(1) *Observation des taches solaires en 1889 faites à l'Observatoire de Lyon*, par M. E. Marchand.

LA DÉFINITION

DE

L'ANGLE-PLAN

PAR

M. J. BONNEL
Professeur honoraire de Mathématiques au Lycée Ampère.

Je me propose, dans cette Note, de justifier la définition classique de l'angle-plan, jusque dans ses extrêmes limites, ainsi que je l'ai déjà fait pour la ligne droite et pour le plan. Le procédé suivi pour obtenir cette justification est tout indiqué par la nature même de la question; il consiste à étendre les propriétés des figures finies à des figures indéfiniment grandes, c'est-à-dire à appliquer la méthode infinitésimale ordinaire par l'autre bout. On reconnaîtra qu'il n'y a à cela aucune difficulté, même pour les commençants; quant aux conséquences qui en résultent, tout le monde est à même d'en saisir la portée.

On sait déjà qu'on peut considérer l'angle, dans l'espace, comme la figure formée par deux droites qui, partant du même point, vont chacune dans un sens différent. Si l'on fait abstraction de tout ce qui n'appartient pas à l'une et à l'autre de ces droites, on se trouve en présence d'une figure simple de forme, dont les propriétés sont positives, et qui suffit à

donner une définition exacte du plan. En retour, la surface plane étant définie, rien n'empêche de concevoir les deux côtés d'un angle comme appartenant à une surface de cette espèce, puisqu'on a démontré que toute droite qui a deux points communs avec un plan y est contenue tout entière (1). Par le fait de cette conception, on introduit dans la définition de l'angle un nouvel élément, emprunté au plan, qui permet de procéder à la comparaison de deux angles sous le rapport de cet élément, c'est-à-dire à la mesure des *angles-plans*. Cet élément nouveau, on le nomme *inclinaison* ou *écartement* des côtés de l'angle, parce qu'on peut se représenter un angle-plan quelconque comme ayant été obtenu par le mouvement d'une droite qui tourne dans un plan autour d'un de ses points, soit en se rapprochant, soit en s'éloignant d'une autre droite menée par le même point.

L'inclinaison de deux droites est un terme qui a un sens assez vague, en général, mais qui prend, dans la mesure des angles, une précision mathématique, l'égalité de deux angles et leur inégalité, sous ce rapport, se définissant dans tous les traités par la superposition des figures. Ce qu'il faut remarquer, c'est que, si deux angles sont égaux ou inégaux sous le rapport de l'inclinaison, ils le sont aussi sous le rapport de l'espace compris entre les côtés, bien que cet espace s'étende indéfiniment dans le sens des côtés, à partir du sommet. Il y a donc un second élément qui se produit dans la définition de l'angle-plan en même temps que l'inclinaison des côtés, c'est l'espace compris entre ces côtés.

La comparaison de deux angles, envisagés comme espaces indéfinis, n'est pas sans surprendre certains esprits au début de la science; toutefois, la surprise disparaît si l'on fait atten-

(1) Voir *Note sur la ligne droite et le plan*, 1890. (Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon, t. XXX.)

tion qu'une surface angulaire, tout en étant indéfinie dans le sens des côtés, demeure finie précisément dans le sens où l'on évalue l'inclinaison. Cette comparaison de deux angles, sous le rapport de l'espace, est d'ailleurs inévitable; qu'on y prenne garde ou non, qu'on le veuille ou qu'on ne le veuille pas, elle accompagne d'une manière nécessaire la mesure des inclinaisons : autrement dit, quand deux angles sont égaux ou inégaux en inclinaison, ils le sont de même en espace, et le théorème connu : « Tout angle a pour mesure l'arc de cercle compris entre ses côtés et décrit du sommet comme centre avec un rayon arbitraire », s'applique aussi bien à l'élément espace qu'à l'élément inclinaison. Je dis plus, ce théorème est applicable à tous les éléments que peut contenir la définition de l'angle-plan, quels qu'ils soient; car, si deux angles satisfont à la condition de l'égalité ou de l'inégalité, ils y satisfont sous tous les rapports, puisque cette condition n'est autre que la possibilité ou l'impossibilité de les faire coïncider l'un avec l'autre.

Proposition 1.

THÉORÈME. — *Si deux droites partant du même point sont distinctes l'une de l'autre, l'angle qu'elles forment n'est pas nul, et, si les deux droites sont confondues en une seule et même droite, l'angle est nul.*

En effet, tout angle a pour mesure l'arc de cercle compris entre ses côtés et décrit du sommet comme centre avec un rayon arbitraire; si les deux côtés sont distincts, l'arc compris entre ces côtés n'est pas nul, donc, l'angle n'est pas nul; si les deux côtés se confondent en une seule et même droite, l'arc compris entre eux est nul, et l'angle l'est aussi; donc, suivant que deux droites partant du même point coïncident

ou ne coïncident pas, l'angle qu'elles forment est nul ou ne l'est pas.

Réciproquement, si un angle est nul, ses deux côtés doivent coïncider; autrement, l'angle ne serait pas nul; et, si un angle n'est pas nul, ses deux côtés doivent être distincts, sans quoi l'angle serait nul.

On peut donc dire que, pour un angle, être nul ou avoir ses côtés confondus en une seule et même droite, et n'être pas nul ou avoir ses côtés distincts, sont des conditions équivalentes. Au surplus, il s'agit ici d'un angle ayant pour sommet un point propre du plan; sa grandeur, évaluée par celle de l'arc compris entre ses côtés, représente à volonté, soit ce que l'on appelle l'inclinaison des côtés de l'angle, soit le plus ou moins d'espace plan compris entre ses côtés. Comme les deux éléments, inclinaison et espace, sont dans un tel angle intimement liés l'un à l'autre, de telle sorte qu'ils augmentent ou diminuent et deviennent nuls en même temps, la proposition qui précède est vraie, quel que soit le point de vue sous lequel on considère le grandeur de l'angle, et elle est vraie aussi, quelle que soit la position du sommet de l'angle, pourvu que ce sommet existe.

Proposition 2.

Théorème. — *Par un point extérieur à une droite, il est impossible d'en mener une autre qui rencontre la première sous un angle nul, si éloigné que soit le point d'intersection.*

En effet, deux droites dans ces conditions sont nécessairement distinctes l'une de l'autre, puisque l'une des deux part d'un point qui est, par supposition, extérieur à l'autre; donc, l'angle qu'elles forment entre elles, quelle que soit la manière de le considérer, ne peut pas être nul.

Cette seconde proposition nous donne le droit d'en énoncer une troisième, mais rien qu'une.

Proposition 3.

THÉORÈME. — *Si deux droites distinctes font un angle nul, elles ne peuvent pas se rencontrer;* autrement, leur angle ne serait pas nul. Elles ne peuvent même pas être asymptotiques l'une à l'autre, comme quelques-uns l'ont pensé; car, dans ce cas, elles iraient en se rapprochant, de manière à avoir un point commun à l'infini, et cela suffirait pour que la proposition 2 leur fût applicable. La possibilité, pour deux droites distinctes, de faire un angle nul exige donc la condition que ces droites ne se rencontrent pas, c'est-à-dire n'aient absolument aucun point commun.

Discussion.

D'après cela, faisons successivement toutes les hypothèses possibles, relativement aux droites qui ne se rencontrent pas, en associant à chacune de ces hypothèses la condition que l'angle formé par de telles droites soit nul; il est clair que toute hypothèse qui nous placera en contradiction avec un théorème certain, antérieurement démontré, devra être rejetée comme impossible. Or, relativement aux droites qui ne se rencontrent pas, on peut faire trois hypothèses différentes et pas davantage : ces trois hypothèses ont d'ailleurs été faites.

On a supposé que, par un point extérieur à une droite, il est impossible d'en mener aucune autre ne rencontrant pas la droite donnée; cette hypothèse a été faite par Riemann, qui en a déduit tout un système de géométrie que M. de Tilly

a appelé la géométrie *doublement abstraite* (1). Mais la géométrie doublement abstraite est en opposition formelle avec la proposition connue : « Si deux droites sont perpendiculaires à une troisième, en des points différents, elles ne peuvent pas se rencontrer, si loin qu'on les conçoive prolongées »; il faudra donc, pour y donner suite, admettre que les droites ne peuvent pas se concevoir prolongées indéfiniment. Nous écarterons cette hypothèse comme étant inconciliable avec notre définition de la ligne droite. On a supposé aussi que, par un point extérieur à une droite, il est possible d'en mener plusieurs autres, un faisceau entier, ne rencontrant pas la droite donnée; cette hypothèse, qui a été faussement attribuée à Gauss, donne le système de géométrie qui a été imaginé et développé par Lobatschewsky et par Bolyai à peu près simultanément. M. de Tilly nomme ce système de géométrie la géométrie *simplement abstraite*. Enfin, il est permis de supposer que, par un point extérieur à une droite, on n'en peut mener qu'une seule ne rencontrant pas la droite donnée; c'est le système de la géométrie classique, que le même auteur qualifie de *géométrie usitée*. La première de ces trois hypothèses étant mise de côté, il reste à décider entre les deux autres quelle est celle qui peut rationnellement subsister, avec la condition que l'angle formé par deux droites ne se rencontrant pas soit égal à zéro.

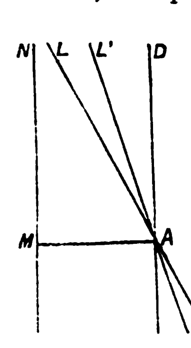
I

Comparons d'abord les angles que font entre elles deux droites quelconques, sous le rapport de l'espace.

(1) Voyez *Essai sur les principes fondamentaux de la géométrie et de la mécanique*, par J.-M. de Tilly, commandant d'artillerie à Anvers. Une broch. in-8°, 1878. — Tome III, 2e série, des *Mémoires de la Société des sciences phys. et nat. de Bordeaux*.

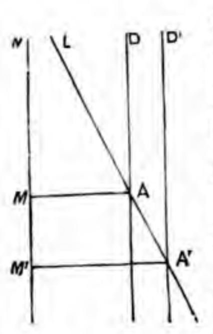
1° Si l'on mène, par un point extérieur à une droite, une perpendiculaire et une sécante à cette droite, il est aisé de voir que l'angle formé par la sécante et la droite donnée n'est pas nul, sous le rapport de l'espace, et qu'il diminue à mesure que la sécante s'écarte de la perpendiculaire. En effet, soit AS et AS' deux sécantes à la droite MN ; leurs prolongements au delà du point A forment un angle dont la surface est plus grande que le triangle SAS'; car, on peut toujours prendre sur ces prolongements, à partir du point A, des longueurs qui soient respectivement égales à AS et AS', et former, en joignant les deux extrémités de ces longueurs, un triangle égal à SAS'. Par conséquent, lorsqu'on passe de la sécante à AS à la sécante AS', l'espace compris entre la sécante et la droite donnée MN diminue d'un côté plus qu'il n'augmente de l'autre; donc, l'angle formé par la sécante et la droite donnée va en diminuant, sous le rapport de l'espace, à mesure que la sécante s'écarte de la perpendiculaire.

2° Si l'on mène ensuite, par un point extérieur à une droite, une perpendiculaire et une non-sécante à cette droite, on reconnaîtra immédiatement que l'espace compris entre la non-sécante et la droite donnée n'est pas nul, et qu'il ne diminue plus, à mesure que la non-sécante s'écarte de la perpendiculaire. En effet, soit AL et AL' deux non-sécantes à la droite MN ; leurs prolongements au delà du point A forment un angle égal à LAL'; par conséquent, lorsqu'on passe de AL à AL', l'espace compris entre la non-sécante et la droite donnée diminue et augmente à la fois de la même quantité LAL'; donc, l'espace



compris entre la non-sécante et la doite donnée reste le même pour toutes les non-sécantes.

Il en résulte que tous les angles formés par les non-sécantes avec la droite donnée MN sont égaux entre eux, sous le rapport de l'espace, et, par suite, égaux à la bande comprise entre les deux droites MN et AD qui sont perpendiculaires l'une et l'autre sur AM. Cela posé, considérons en particulier une non-sécante AL; d'après ce qui précède, l'espace compris entre elle et la droite donnée MN est égal à la bande de base AM. Or, si l'on prend sur cette non-sécante un second point quelconque A′, et si l'on mène par ce point les deux perpendiculaires A′M′ et A′D′, l'espace compris entre la non-sécante et la droite MN sera encore, pour les raisons déjà données, égal à la bande de base A′M′; donc, les deux bandes de base différente, et toutes les bandes, quelle que soit leur base, devraient être égales entre elles, ce qui est manifestement absurde.

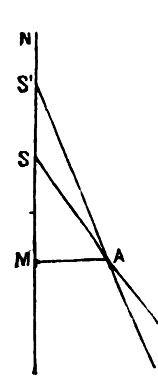


Ainsi, sous le rapport de l'espace, l'existence supposée de plusieurs non-sécantes à une droite nous met en désaccord immédiat avec ce qui a lieu pour les sécantes et nous conduit ensuite à une absurdité. Le désaccord et l'absurdité cessent, au contraire, si la perpendiculaire AD est la seule droite qui passe par le point A et qui ne rencontre pas la droite donnée MN; en effet, dans cette hypothèse, les angles formés par les sécantes vont en diminuant continuellement de surface, jusqu'à la bande déterminée par la perpendiculaire AD; donc, cette perpendiculaire peut être regardée comme la limite vers laquelle tendent les sécantes issues du point A, lorsqu'elles font des angles de plus en plus petits, et la bande comme l'espace minimum compris entre la droite donnée et celles qu'on peut mener par un point extérieur à cette droite.

II.

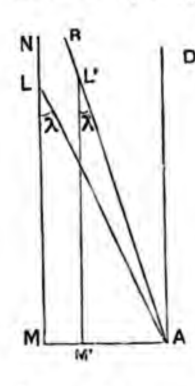
Comparons maintenant les angles que font entre elles deux droites quelconques, sous le rapport de l'inclinaison.

1° Si l'on mène, par un point extérieur à une droite, une perpendiculaire et une sécante à cette droite, la sécante fait avec la droite un angle qui va en diminuant d'inclinaison à mesure que cette sécante s'écarte de la perpendiculaire. En effet, soit AS et AS' deux sécantes à MN ; ces deux sécantes déterminent un triangle ASS', dans lequel l'angle extérieur ASM est plus grand que l'angle intérieur AS'S, d'après un théorème d'Euclide (Pr. 16, Liv. I) ; donc, l'angle AS'M est plus petit que ASM, et, par suite, l'angle formé par une sécante avec la droite donnée va en diminuant d'inclinaison à mesure que cette sécante s'écarte de la perpendiculaire.



2° Si l'on mène ensuite, par un point extérieur à une droite, une perpendiculaire et une non-sécante à la droite donnée, et, si l'on suppose que celle-ci fait avec la non-sécante un angle d'inclinaison nulle, il faudra supposer qu'il en est de même pour une seconde non-sécante, pour une troisième et pour toutes les non-sécantes. Or, cette circonstance constitue déjà une contradiction avec ce principe qu'une droite, en tournant autour d'un point fixe, doit faire, avec une direction donnée, un angle qui varie continuellement ; l'existence supposée de plusieurs non-sécantes faisant avec la même droite le même angle d'inclinaison nulle, exige donc, dans le plan, la présence d'une région entière où les droites échappent à la loi de continuité. Plaçons-nous néanmoins

dans cette hypothèse, et, supposons qu'on ait pu mener par le point A une non-sécante AR, asymptotique ou non à la droite donnée MN, faisant avec elle un angle d'inclinaison nulle, et que cette non-sécante soit oblique à la perpendiculaire AM, ce qui ne peut manquer d'avoir lieu dans l'hypothèse en question. Il est clair qu'en dérangeant un peu cette non-sécante de sa position autour du point A, on pourra l'amener à être sécante à MN; soit AL la position qu'elle prend, quand elle commence à couper MN. Elle détermine alors un angle λ, qui est aussi petit que possible, sans être nul, et, par suite, un triangle AML, dont les côtés sont extrêmement grands, mais non pas infinis. Transportons le côté ML de ce triangle, en le laissant perpendiculaire sur AM, jusqu'à ce que son extrémité L rencontre la non-sécante AR et soit L' le point de rencontre; nous aurons ainsi obtenu un second triangle AM'L', qui est rectangle et fini comme le premier. Or, dans ce second triangle, l'angle λ' ne peut pas être plus petit que λ, puisque λ est supposé aussi petit que possible, sans être nul; l'angle λ' ne peut pas être non plus égal à λ, sans quoi les deux triangles, AML et AM'L', seraient égaux comme ayant un côté égal adjacent à des angles égaux chacun à chacun, ce qui est impossible, d'après l'hypothèse; enfin, l'angle λ' ne peut pas être plus grand que λ, autrement on pourrait mener, par le point L' dans l'angle λ' une droite faisant avec L'M' un angle égal à λ, et le triangle ainsi obtenu devrait égaler AML, ce qui est encore impossible, d'après l'hypothèse. Donc, il est impossible de supposer qu'on ait pu mener, par un point A, extérieur à la droite donnée, une non-sécante oblique à AM, ou, ce qui revient au même, plusieurs non-sécantes faisant avec la droite donnée un angle d'inclinaison nulle, sans se



mettre d'abord en contradiction avec le principe de continuité et sans être amené ensuite à une absurdité.

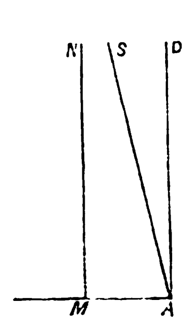
La contradiction et l'absurdité cessent, au contraire, si la perpendiculaire AD est la seule droite qui passe par le point A et qui ne rencontre pas la droite donnée MN; en effet, dans cette hypothèse, les angles formés par les sécantes vont en diminuant d'inclinaison indéfiniment, jusqu'à la perpendiculaire AD qui forme la bande; donc, la perpendiculaire AD peut être regardée comme la limite vers laquelle tendent les sécantes issues du point A, lorsqu'elles font des angles de plus en plus petits, et la bande comme l'angle dont l'inclinaison est nulle.

Remarques.

La discussion qui précède a été divisée en deux parties, pour faire ressortir l'analogie et la différence entre le rôle de l'espace et celui de l'inclinaison, dans un angle qui devient nul : prise dans son ensemble, elle prouve que l'inclinaison des deux côtés, dans une bande à base finie, est *nulle*, tandis que l'espace compris dans la bande est seulement *minimum;* cet espace ne se réduit à zéro, dans une bande, que si la base de la bande est elle-même nulle. Si l'on ne considère dans un angle que l'inclinaison, comme on le fait le plus habituellement, on peut supprimer dans la démonstration tout ce qui concerne l'espace et la ramener ainsi à une forme brève. Si l'on ne veut voir dans un angle que l'espace, comme on l'a fait quelquefois, on laissera de côté ce qui concerne l'inclinaison, et la démonstration se réduira à la première partie du développement.

Cette première partie du développement équivaut au raisonnement par lequel Bertrand, de Genève, a prouvé qu'un angle, si petit qu'il soit, est plus grand qu'une bande quel-

conque de base finie, et dont voici la substance. Soit une bande DAMN et un angle DAS aussi petit qu'on voudra. Il est clair qu'en prolongeant AM, on pourra, à la suite de la première bande, en faire une seconde, puis une troisième, et une série indéfinie, toutes égales à la première, sans que l'espace compris dans l'angle droit MAD soit rempli. Pour l'angle, au contraire, en construisant autour du point A un second angle à la suite du premier, puis un troisième, etc., qui soient tous égaux au premier, on aura évidemment rempli l'espace compris dans l'angle droit MAD après un nombre limité de constructions, savoir : 360, si le premier angle est d'un degré ; 21,600, s'il est d'une minute ; 1,296,000, s'il est d'une seconde, et ainsi de suite. Il en résulte que l'angle, considéré comme espace, n'est qu'une partie aliquote finie d'un angle droit, tandis que la bande en est une fraction infiniment petite ; donc, un angle, si petit qu'il soit, est plus grand qu'une bande quelconque de base finie.



La démonstration de Bertrand, de Genève, repose exclusivement sur l'angle considéré comme espace et sur sa mesure évaluée en degrés ; bien qu'elle soit rigoureuse à ce point de vue, elle a été jugée insuffisante par les géomètres, précisément parce qu'elle laisse de côté la question capitale de l'inclinaison : complétée par la seconde partie de notre discussion, elle devient inattaquable.

Voici une dernière remarque bien propre à confirmer les conclusions précédentes. L'hypothèse qui sert de base à la géométrie doublement abstraite, et que nous avons écartée tout d'abord, est celle-ci : on ne peut mener, par un point extérieur à une droite, aucune autre droite ne rencontrant pas la droite donnée. Or, cette hypothèse entraîne comme consé-

quence que deux perpendiculaires à une même droite, en des points différents, doivent se rencontrer, si on les prolonge suffisamment; autrement dit, il y a, dans la géométrie doublement abstraite, des points extérieurs à une droite, fort éloignés sans doute de cette droite, d'où l'on peut abaisser plusieurs perpendiculaires sur la droite. Dans la géométrie usitée, au contraire, on trouve comme conséquence de l'hypothèse qui lui correspond, qu'on ne peut abaisser jamais, d'un point extérieur à une droite, qu'une seule perpendiculaire sur la droite. Or, dans l'hypothèse qui correspond à la géométrie simplement abstraite, nous venons de voir qu'il doit y avoir des points, comme le point L', extérieurs à la droite AM, d'où il est impossible d'abaisser aucune perpendiculaire sur la droite. Les trois hypothèses faites relativement aux non-sécantes qu'on peut mener à une droite, par un point extérieur à cette droite, correspondent donc exactement à la possibilité d'abaisser d'un point sur une droite *une seule perpendiculaire* ou *plusieurs perpendiculaires,* ou à l'impossibilité d'abaisser *aucune perpendiculaire.*

Cette trilogie hypothétique, que M. de Tilly fait admirablement ressortir dans le mémoire déjà cité, remonte encore plus haut, car on sait que l'existence d'une perpendiculaire abaissée d'un point sur une droite est connexe avec la possibilité de faire passer une ligne droite par deux points donnés; donc, le système de la géométrie usitée revient à admettre que, d'un point à un autre, on ne peut mener qu'*une seule droite;* celui de la géométrie doublement abstraite, qu'entre deux points on peut mener, dans certains cas, *plusieurs droites,* et celui de la géométrie simplement abstraite, qu'entre deux points on ne peut mener, dans certains cas, *aucune droite.*

Les hypothèses modernes de la géométrie abstraite ne surgissent donc pas, comme on l'a dit, dans la théorie des parallèles, pour donner à cette théorie plus de généralité; elles

prennent naissance dans la définition même de la ligne droite, qu'elles dénaturent sans raison et contre toute raison. Ce n'est pas à partir de la 29ᵉ proposition d'Euclide que la géométrie plane devrait se partager en trois branches, greffées sur le même tronc, mais à partir de la première demande des Éléments ; les trois branches n'ont point de tronc commun, et, en définitive, les géomètres non-euclidiens sont obligés, pour étayer leur théorie des parallèles, de s'appuyer sur vingt-huit propositions qui sont fausses dans leur propre système, ou bien il n'y a pas un seul principe certain dans la plus certaine de toutes les sciences.

COMPTE RENDU

DES

TRAVAUX DE L'ACADÉMIE

DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS DE LYON

PENDANT L'ANNÉE 1890

Lu à la séance publique du 23 décembre 1890

PAR

M. ARLOING

Président de la Classe des Sciences.

MESSIEURS,

Je me lève pour remplir le dernier des devoirs de vos présidents. Je dois retracer la physionomie de vos séances, résumer fidèlement et en peu de mots les communications nombreuses et variées que vous avez entendues, parler de vos occupations et de vos préoccupations. C'est là une tâche bien délicate à accomplir, et je sens qu'il est au-dessus de mes forces de l'accomplir avec le talent et l'élévation que mes prédécesseurs ont apportés.

L'année dernière vous entendiez la phrase vive, élégante et colorée de M. Léon Roux. L'écho de vos applaudissements

justifiés se répercute encore à mes oreilles et me remplit d'appréhensions pour vous et pour le public d'élite qui assiste à cette séance.

Veuillez vous souvenir que le président d'aujourd'hui appartient à la classe des sciences, qu'il n'a pas, par état, de commerce intime avec les belles-lettres, qu'il ne saurait, en conséquence, s'élever à cet atticisme qui donne si souvent un charme tout spécial à vos réunions.

C'est vous demander de nouveau la bienveillante indulgence que vous m'avez témoignée en m'appelant à l'honneur de présider vos séances, et que vous m'avez accordée constamment au cours de cette année.

Je débuterai dans la riche moisson qui s'offre à ma plume par les travaux de la classe des sciences ou ceux qui pourraient y être rangés par certains côtés.

Il existe dans les sciences mathématiques un certain nombre de définitions admises sans démonstration préalable. Par exemple, en géométrie, une surface est dite plane, si une droite quelconque y est contenue tout entière dès qu'elle y a deux de ses points ; on dit que la ligne droite est le plus court chemin d'un point à un autre ; etc., etc. M. Bonnel estime qu'il importe à la philosophie de la science de justifier ces définitions, et il a entrepris de combler cette lacune par trois études qu'il vous a lues : l'une sur la définition du plan, l'autre sur la définition de la ligne droite ; la dernière sur celle de l'angle plan. Envisagées de cette manière, ces questions cessent d'être élémentaires et s'il convient de les introduire dans les ouvrages classiques, notre savant confrère pense avec M. Valson qu'elles devraient être enseignées aux élèves de philosophie pour lesquels elles constitueraient d'excellents exercices de logique.

Notre collègue, M. André, professeur d'astronomie et direc-

teur de l'observatoire de St-Genis, a déposé sur votre bureau, pour les mémoires de l'Académie, un travail de M. Marchand, météorologiste adjoint, résumant les observations faites sur les taches du soleil pendant l'année 1889. M. André vous a remis en même temps un relevé des oscillations diurnes du magnétisme terrestre, observées à Lyon pendant les cinq dernières années à l'aide du magnétomètre de M. Mascart.

Il a fait suivre cette double présentation de réflexions fort intéressantes sur les rapports existant entre les variations de l'activité solaire et celle du magnétisme terrestre. Ces modifications semblent se reproduire avec une certaine régularité, après une période de onze années (période undécennale de M. Wal). Cette période est celle de la rotation de la planète Jupiter autour du soleil. Aussi, notre éminent astronome croit-il pouvoir conclure, d'après la théorie cosmogonique de Laplace, que la durée d'une rotation du soleil, au moment où s'est détachée la planète Jupiter, était également de onze années.

De l'astronomie au calendrier, nous n'avons qu'un pas à faire, et en le faisant nous trouvons une lecture de M. Chambrun de Rosemont, membre correspondant, sur l'année 1800.

Le commun des mortels croit peut-être que l'année 1800 a été la première du XIXe siècle. M. Chambrun de Rosemont s'est livré à une dissertation savante et spirituelle, d'où il est résulté que la première année du XIXe siècle avait commencé le 1er janvier 1801.

Si je quitte ces sentiers ardus, où les mathématique transcendantes se marient avec la philosophie, pour vous parler des applications de la science, je m'arrêterai sur un projet cher aux Lyonnais. Il s'agit, en effet, du pont grandiose qui réunira le plateau de la Croix-Rousse à Fourvières et donnera un attrait de plus à notre cité déjà si pittoresque. M. Du-

MONT vous a rappelé qu'à l'origine on se proposait simplement d'établir un pont pour les piétons, tandis qu'aujourd'hui le pont doit servir en outre à relier les chemins de fer, et à faire circuler les tramways et les voitures. M. Dumont vous a démontré la possibilité et l'économie de ce grand projet. Préoccupé du côté esthétique autant que du côté pratique, l'ingénieur de l'Académie songeait à faire reposer la grande arche centrale de 150 mètres de hauteur sur deux énormes culées en maçonnerie, dans lesquelles circuleraient des ascenseurs pour les hommes et les marchandises, surmontées de tourelles que l'on pourrait pavoiser ou embraser en nos jours de fêtes. Souhaitons que le projet adopté par la municipalité et le département ne nous fasse pas regretter, au point de vue de l'art, celui de notre confrère.

Actuellement, la géographie et l'anthropologie sont deux sœurs jumelles, inséparables, entourées d'un même culte. Ces deux branches étroitement unies du savoir humain sont admirablement représentées au sein de votre Académie; il me suffira, pour gagner votre approbation, de citer les noms de MM. Berlioux et Chantre. M. LÉON ROUX a fourni l'occasion d'une discussion importante en vous présentant un livre sur la Kabylie, écrit par M. François Charvériat, enlevé prématurément à l'affection de sa famille et à la science juridique.

M. Charvériat, après avoir décrit la topographie du pays, examine les mœurs et les caractères des habitants. Il estime que le Kabyle restera longtemps insoumis. Le christianisme aiderait beaucoup à la transformation de ses mœurs. En attendant qu'on entreprenne une conversion difficile, l'auteur pense qu'il faut développer le caractère laborieux du Kabyle et ses aptitudes agricoles par la création d'écoles professionnelles.

Les Kabyles, ajoute M. BERLIOUX, ont une organisation démocratique différente de celle des Arabes. Il faut l'attribuer à l'extrême division de la propriété et à l'absence des chefs de

tribus formant chez les Arabes une véritable aristocratie à laquelle se joint l'aristocratie religieuse des marabouts. Néanmoins, M. Berlioux fait observer que la soumission effectives des Kabyles sera lente à venir. Aux motifs invoqués par M. Charvériat, il ajoute d'autres raisons dont il fait peser la responsabilité sur nos législateurs qui, dans de bonnes intentions, ont assimilé trop brusquement les indigènes au point de vue du droit, et sur l'administration qui facilite, dans une trop large mesure, le pèlerinage à la Mecque. Il importerait aussi, d'après M. Berlioux, de supprimer l'usure qui achève la ruine du pays.

Un médecin distingué de notre ville, M. Henri Coutagne, a sollicité l'honneur de vous présenter ses réflexions sur un voyage en Danemark. M. Coutagne a surtout parlé de Copenhague aux points de vue artistique et scientifique. Il n'a été séduit ni par les monuments, ni par les constructions ordinaires de la ville qui sont d'un aspect triste et uniforme, ni même par le musée des beaux-arts, malgré une exposition complète des œuvres du sculpteur Thorwaldsen. Mais il a fait l'éloge des collections ethnographiques. Du Danemark, en général, M. Coutagne a emporté une impression calme et douce qui, malgré un peu de monotonie, résiste aux charmes pittoresques des sites de la Suède et de la Norwège.

M. Berlioux vous a communiqué l'introduction à une étude sur le pays danois ou la Celtique du Nord. Pour l'orateur, les Celtes ont occupé les pays septentrionaux d'où ils se sont répandus sur toutes les parties de l'Europe.

Il puise la confirmation de ses idées à la linguistique, à la religion, aux monuments primitifs. Ainsi, les rivières de la Norwège sont des Elfi; celles du Danemark des Aas. Or, ces noms ou leurs dérivés se retrouvent en Grande-Bretagne, en Germanie, en Italie d'une part, en Courlande, en Grèce d'autre part. Les adorateurs d'Odin se sont transportés de la Scan-

dinavie à l'est, à l'ouest et au midi. Les monuments mégalithiques et les tumuli ne sont nulle part aussi nombreux qu'en Danemark. En d'autres termes, un grand courant humain a marché du nord au sud et au sud-est, en sens inverse de la direction suivie par les exportateurs de l'étain.

Si difficiles et si ardus que soient les sujets abordés par M. Berlioux, si puissants sont les arguments présentés par notre confrère, qu'il est impossible de ne pas partager son opinion, quand on l'a entendu.

M. Arnould Locard, que ses travaux estimés placent parmi les premiers conchyologistes, vous a décrit la domestication de la moule marine et les influences physiologiques qui en résultent.

La mytiliculture est actuellement une véritable industrie, créée il y a plus de 400 ans, en 1235, sur les côtes de France, près de la Rochelle, par un naufragé irlandais Patrice Valton. Je ne vous en décrirai pas les opérations successives; je me contenterai de rappeler, d'après M. Locard, que la domestication augmente la rapidité du développement et la taille de la moule, régularise son coquillage, rend sa chair plus molle et plus savoureuse et diminue la fécondité du mollusque.

Élargissant la question, notre collègue examine la valeur des modifications précitées, au point de vue du transformisme et en conclut que la mytiliculture a produit des races de moules et non des espèces nouvelles.

A la demande de quelques-uns de ses confrères, M. Locard a traité dans une autre communication de l'intoxication par l'usage des moules, sur laquelle plane encore certaines obscurités.

Démontrer l'existence de la vision sans yeux, tel est l'un des curieux problèmes d'histoire naturelle auquel s'est attaché M. Dubois, professeur à la Faculté des sciences. Après avoir

établi que la peau du siphon des mollusques marins connus sous le nom de Pholades est sensible aux rayons lumineux, il nous a montré que pareille sensibilité s'observe chez les Protées, batraciens aveugles des lacs souterrains de la Carniole.

Le côté le plus élevé et le plus intéressant des recherches de M. Dubois n'est pas la simple constatation du fait de la vision cutanée, mais bien l'analyse du phénomène qu'il nous a donnée avec un luxe remarquable de graphiques, de dessins et de photographies. Pour M. Dubois, l'impression lumineuse sur les nerfs de la peau détermine la contraction d'un élément neuro-musculaire qui se trouve en continuité avec la fibre nerveuse.

L'étendue, la durée, l'intensité de la contraction sont en rapport avec les qualités des ondes lumineuses. De sorte que la nature si difficile de la vision est ramenée à un phénomène mécanique, conception plus simple que les théories physiques et chimiques produites jusqu'à ce jour.

Les idées de M. Dubois sont corroborées par la structure de la rétine, membrane adaptée pour l'exercice de la vision chez les êtres pourvus d'yeux. Les délicates études histologiques de M. Dubois et de M. Renaut ont démontré dans notre œil la présence d'une disposition analogue à celle qui sert à l'exercice de la sensibilité lumineuse dans la peau des Pholades et des Protées.

M. Dubois nous a encore entretenus de ses recherches sur le réveil de la marmotte à la fin de l'hibernation, et notamment du rétablissement de la température normale. En effet, les animaux hibernants se refroidissent beaucoup pendant le sommeil. Quand ils se réveillent, leur température parcourt trois phases distinctes dans sa marche ascensionnelle : dans la première, elle monte lentement; dans la seconde, elle s'accroît brusquement; dans la troisième, elle se ralentit. L'auteur a fait à l'occasion des remarques importantes sur

l'émission de la chaleur par la marmotte, malheureusement il serait difficile de vous les résumer brièvement.

L'organisme humain est une sorte d'usine merveilleuse où la production d'un travail utile s'accompagne d'usure et de déchets. Ces derniers sont généralement des poisons dont les effets sont prévenus par l'action dépurative des reins et du foie. M. Bouchard a démontré l'élimination de ces poisons par l'urine. Il manquait à la théorie des auto-intoxications la démonstration de l'existence des poisons dans le sang, véhicule intermédiaire entre les tissus qui les produisent et les glandes qui les rejettent. Notre collègue, M. J. Teissier, en collaboration avec M. Roque, agrégé à la Faculté de médecine, a profité d'une occasion favorable pour en fournir la preuve.

Il a observé que le sang présente le pouvoir toxique de l'urine quand celle-ci, par suite d'une altération des reins, n'entraîne pas au dehors ses éléments habituels. Il suffirait, en pareil cas, de diminuer la masse du sang par la saignée pour faire disparaître les symptômes d'intoxication.

L'hiver dernier s'est signalé par une épidémie qui, après avoir envahi l'Europe, s'est étendue au nouveau Continent avec une rapidité surprenante, semant la mort parmi les personnes de tout âge, moissonnant de préférence les complexions délicates, les valétudinaires et les vieillards. J'ai nommé l'influenza. La maladie marcha de l'est à l'ouest. Les premiers cas furent observés dans la Russie septentrionale. Une circonstance présente à votre esprit vint jeter un doute sur sa provenance et sa nature. En France, la maladie éclata parmi les employés des grands magasins du Louvre; on supposa que le germe était arrivé avec un stock de tapis du Levant. La Syrie a le triste privilège de posséder une affection contagieuse, la dengue, qui gagne peu à peu comme une tache d'huile la région du Caucase et la Russie méri-

dionale. On pouvait donc se demander si le mal dont nous souffrions était l'influenza ou la dengue, s'il nous venait de Smyrne ou de Saint-Pétersbourg. M. J. Teissier étudia cette question en puisant des éléments partout, au loin, dans sa clientèle et chez lui-même, et se convainquit que nous n'avions été inhospitalier ni pour le Nord ni pour le Midi. En effet, d'après M. J. Teissier, nous avons reçu la visite de l'influenza et de la dengue et nous avons hébergé l'une et l'autre pendant plusieurs semaines.

Toutefois, la dengue n'a frappé qu'un petit nombre de personnes; l'influenza a été de beaucoup l'affection prédominante.

Aussi, notre distingué confrère, voué depuis plusieurs années à Lyon aux questions d'épidémiologie, a-t-il parcouru cet été la plus grande partie de la Russie et de l'Allemagne, pour établir aussi exactement que possible les caractères de l'influenza.

Espérons que nous ne recevrons pas de longtemps la visite d'un hôte si dangereux, car la maladie a été à ce point soudaine, générale et polymorphe, que le corps médical n'a pu apprendre à la deviner entièrement et à déjouer ses attaques.

M. Rodet, agrégé à la Faculté de médecine, a sollicité l'honneur d'exposer devant vous le résultat de ses laborieuses recherches sur l'origine du microbe producteur de la fièvre typhoïde.

On trouve chez les typhiques un microbe nommé bacille d'Eberth. Dans les eaux potables des maisons et des pensionnats fortement éprouvés par la fièvre typhoïde, on rencontre en abondance un bacille qui doit être la cause de la maladie et pourtant ne présente pas la série complète des caractères du bacille d'Eberth. Ces différences suffisent-elles pour rompre les liens qui, logiquement, rattachent étroitement ces microbes l'un à l'autre et à la fièvre typhoïde?

M. Rodet ne le croit pas, car il est arrivé par des manœuvres variées à augmenter les ressemblances des deux microbes. Or, ce bacille de l'eau est un habitant ordinaire de notre intestin ; nous le rendons au sol, et s'il n'y est pas exactement retenu et détruit, il peut envahir nos puits, nos rivières, nos fontaines et communiquer au premier aliment de l'homme des propriétés nocives. Si les idées de M. Rodet se confirment jusqu'au bout, plusieurs points de l'éclosion et de la propagation de la fièvre typhoïde cesseront d'être énigmatiques, et du même coup se trouveront justifiées les mesures ayant pour but de proscrire les puits, de rechercher les eaux de sources à l'aide de sacrifices considérables, et d'éviter que nous devenions nous-mêmes la cause de nos propres maux.

L'eau ne sert pas seulement de véhicule au microbe de la fièvre typhoïde. Pour peu qu'elle soit en rapport avec la couche superficielle du sol ou avec l'air atmosphérique, elle se peuple de germes parmi lesquels se glissent, pour un certain temps, des microbes dangereux. Autant que possible, il faut donc boire de l'eau dépourvue de germes.

La meilleure de toutes les eaux potables est l'eau de source puisée à son point d'émergence. L'usage d'une telle eau est souvent impossible. Dans ces conditions, on a proposé de purifier l'eau par la filtration artificielle et par l'ébullition. La filtration, pour être efficace, veut être faite à travers la porcelaine dégourdie ; elle est délicate et difficilement mise à la portée de tout le monde. Quant à l'ébullition si commode, si vulgaire, elle a été attaquée par les hygiénistes qui ont redouté qu'elle chassât les gaz et précipitât les sels, et, par suite, qu'elle rendît l'eau pesante à l'estomac et insuffisamment nutritive pour les enfants. M. Guinard, chef des travaux de physiologie à l'École vétérinaire, est venu vous dire que le degré d'ébullition capable de tuer 995 germes sur 1,000 laisse subsister dans l'eau une quantité de chaux plus que suffisante

pour les besoins de la nutrition, et que le refroidissement de l'eau permet la rentrée de la plus grande partie des gaz chassés par l'ébullition.

Conséquence : Ne nous privons pas systématiquement d'un moyen d'épuration de l'eau si simple, si commode, si efficace que l'ébullition ; appliquons-le à toutes les eaux pour peu qu'elles nous semblent suspectes.

Pour servir de transition entre vos travaux scientifiques et littéraires, je rappellerai les lectures de M. Valson sur l'école scientifique d'Alexandrie. Comment ne pas être frappé de la clairvoyance et de l'ampleur des idées des fondateurs de cette grande école ? Les Lagides ont voulu orner leur cour des esprits distingués de leur époque. Enlever aux savants les préoccupations matérielles de la vie, leur fournir les moyens nécessaires pour se livrer à leurs études et à leurs conceptions favorites, tel a été le but des Ptolémées. Ils empruntèrent des hommes à tous les pays. Euclide à Athènes, Archimède à la Sicile, etc. C'est à l'époque où vécut Archimède que l'école d'Alexandrie atteignit l'apogée de sa gloire. Sous les Romains, pratiques avant tout, les progrès de l'école subirent un temps d'arrêt. Au moment de l'invasion des Arabes, l'école sombra à peu près entièrement.

M. Valson examina ensuite les œuvres principales des mathématiciens, des géomètres et des astronomes d'Alexandrie et fit ressortir le mérite de plusieurs d'entre elles, qui se reflètent encore dans les travaux modernes.

Malheureusement, la plupart de ces ouvrages nous ont été transmis défigurés par les copistes. De l'avis de M. Caillemer, leur lecture est non seulement pénible, mais leur sens est confus et souvent sans profit pour la science.

La lecture de M. Valson a permis à M. Saint-Lager de réclamer une part de gloire pour les naturalistes et les médecins d'Alexandrie. Les noms de Galien, d'Hérophile

et d'Erasistrate ne sont pas moins réputés que ceux d'Archimède, d'Euclide et d'Apollonius. Au surplus, l'École d'Alexandrie a parcouru trois phases distinctes : dans la première, brillèrent les mathématiciens; dans la seconde, les naturalistes ; dans la troisième, les philosophes.

En commençant l'examen de vos travaux de la classe des lettres je m'abriterai derrière un nom qui éveilla bien des sympathies parmi nos aînés.

On a dit fort souvent depuis trois siècles que la condamnation de l'infortunée Marie Stuart était la plus grande iniquité qui ait déshonoré l'Angleterre. Mais ces affirmations étaient surtout affaire de sentiment. Des doutes pouvaient subsister sur la culpabilité de Marie Stuart. M. Beaune est venu nous dire que la question était complètement jugée, grâce à des pièces originales retrouvées dernièrement au château d'Artweld par M. Kervyn de Lettenhove. Ces pièces sont la minute des lettres fausses fabriquées sur les ordres du fameux Valsingham, par son propre secrétaire, pour établir l'existence des sinistres complots tramés par Marie.

Marie Stuart, deux fois reine, a pu commettre quelques fautes regrettables ; mais elle est morte, cruellement, victime d'odieuses machinations, de la jalousie et de la haine habilement excitées d'Élisabeth d'Angleterre. Telle est la conclusion de l'ouvrage de M. Kervyn de Lettenhove, que M. Beaune vous a présenté et analysé de la part de son auteur.

M. le comte de Charpin-Feugerolles vous a donné communication de l'une de ses trouvailles. Il s'agit d'un document inédit intitulé : « *Remontrances des habitants de Lyon, adressées au Roi, au sujet d'une taxe de 6,250 livres tournois imposée sur la ville.* »

Il date de l'année 1410. Les Lyonnais exposent dans cette pièce que la ville est appauvrie par les souffrances de son com-

merce, les dettes qui grèvent la communauté des habitants, et la misère des populations rurales si souvent en butte aux dévastations des gens de guerre. Ces remontrances, nous dirions aujourd'hui pétitions, parurent justifiées à Sa Majesté, qui ordonna le dégrèvement sollicité par nos compatriotes.

Votre secrétaire général, l'infatigable M. Vachez, vous a fait connaître son « *Étude sur l'acquisition des fiefs nobles par les roturiers du XIIIe au XVIe siècle, dans le Lyonnais, le Forez et le Beaujolais* ». Trop longue pour vous être lue en entier, M. Vachez vous a communiqué sur cette étude l'introduction et quelques fragments des premiers chapitres.

L'introduction, fort intéressante, démontre que le désir d'anoblissement dans la classe bourgeoise enrichie n'est pas chose nouvelle. Ruinée souvent par la vie militaire et les expéditions lointaines, la noblesse était obligée de vendre ses terres. Les roturiers qui achetaient ces dernières se croyaient anoblis de ce fait. Cette tendance à s'anoblir était à ce point fréquente au XIIIe siècle, que le législateur essaya de l'entraver par la création d'un droit élevé de franc fief, mesure qui resta inefficace jusqu'au jour où l'ordonnance de Blois de 1579 vint disposer, d'une manière absolue, que la possession d'un fief noble ne pouvait plus anoblir.

Mais les besoins incessants des familles chevaleresques amenèrent bientôt l'abolition du droit de franc fief en 1495. Ce fut le signal de nouvelles acquisitions de terres seigneuriales, et ce ne fut pas le seul au XVe siècle, car à la même époque, le roi Charles VII accorda l'anoblissement aux échevins lyonnais à l'expiration de leurs fonctions consulaires, et, un peu plus tard, la confiscation des terres du connétable de Bourbon excita les convoitises des fortunes lyonnaises. Celles-ci, en effet, s'étaient considérablement développées par le commerce avec le Nouveau-Monde, par le travail et surtout par l'exploitation des mines passablement négligées jusqu'alors.

Parmi les familles lyonnaises qui achetèrent beaucoup de terres seigneuriales, M. Vachez nous cite au XVe siècle, les Jossard, les Baronnat, les Syvrieu; au XVIe siècle, les Camus et les Cléberg.

A cette époque, des dissensions politiques avaient jeté dans notre ville plusieurs banquiers et marchands florentins. Les Gondi, les Capponi, les Paffi, les Gadagne parvinrent à des fortunes prodigieuses. Naturellement, ils acquirent beaucoup de fiefs nobles et recouvrèrent les titres nobiliaires dont ils avaient joui dans leur pays natal. Parmi ces acquéreurs, M. Vachez se plaît à rappeler Guillaume de Gadagne qui, rompant avec le commerce, embrassa la carrière des armes, devint sénéchal de Lyon en 1554, député de la noblesse forézienne aux États de Blois en 1588, et atteignit à un rang que personne n'égala à la fin du XVIe siècle.

Ces brefs aperçus, d'un haut intérêt historique et philosophique, nous ont fait regretter de ne pas entendre la lecture de l'étude entière de notre savant confrère.

Venant de parler de la bourgeoisie lyonnaise qui s'est enrichie du XIIe au XVIe siècle par l'industrie et le commerce, il est tout naturel que je rappelle maintenant la bourgeoisie du XVIIIe et XIXe siècle, d'où sont sortis plusieurs économistes remarquables et auprès de laquelle Franklin s'est inspiré de ses idées les plus fécondes en économie politique. M. Rougier s'est chargé de faire revivre les économistes lyonnais dans un travail intitulé : *L'Économie politique à Lyon*. M. Rougier vous a entretenus de l'abbé Morellet, disciple de Quesnay et des physiocrates, de Pierre Poivre, successivement missionnaire, colonisateur et économiste, et plus près de nous, de J.-B. Say, le premier vulgarisateur de la science économique, qui exposa si brillamment la théorie de la création des richesses et la théorie des produits immatériels, de Lemontey, de Delessert, de Gérando, tous trois préoccu-

pés des questions ouvrières, et du doux Ballanche dont les idées furent incomprises des masses.

La première communication de M. Rougier s'est terminée par l'examen des écrits de feu Ozanam, de M. Bouillier, de M. Ferraz et du docteur Barrier.

Dans une seconde lecture, l'orateur s'est attaché particulièrement à l'abbé Noirot dont le souvenir est profondément enraciné dans l'esprit des nombreux élèves qu'il a formés au lycée de Lyon. Pour être utile à ses disciples les plus avancés et les plus curieux, l'abbé Noirot s'était imposé un supplément au cours de philosophie où il s'attachait à déteminer exactement la place de l'économie politique au milieu des connaissances de l'esprit humain et sa distinction d'avec l'économie sociale. Si notre ville compte dans son sein des hommes marquants par leurs idées sur les grandes questions d'économie politique, nous le devons à l'influence de cet éminent professeur dont le savoir et l'aménité captivaient à la fois l'intelligence et le cœur de ses élèves.

M. Rougier vous a encore vivement intéressés en vous donnant un résumé du livre de M. Genevet sur la « Compagnie des agents de change de Lyon depuis son origine jusqu'à l'établissement du parquet en 1845 ». Par l'organe de M. Rougier, M. Genevet nous fait a assister à l'installation des changeurs sur la rive droite de la Saône, sous la protection du pouvoir archiépiscopal, puis à la création de la première loge du Change, sur la place de ce nom, en 1631, et à celle de l'édifice de Roche et de Soufflot.

Les agents de change, supprimés puis maintenus en 1791, passèrent dans le quartier des Terreaux et leurs opérations eurent lieu dans l'ancien réfectoire de l'abbaye des Dames de Saint-Pierre.

M. Genevet nous apprend que jusqu'en 1825 le ministère des agents de change, à Lyon, ne comporta guère que des

opérations au comptant. La création du marché à terme rencontra une opposition persistante de la part des pouvoirs publics etde la Chambre de commerce. On aboutit enfin à un accord, en vertu duquel le parquet fut créé le 17 janvier 1845.

L'œuvre d'érudition et de réflexion de M. Genevet demande une suite. L'auteur qui l'entreprendra examinera la part de la corporation des agents de change dans les quelques désastres financiers dont notre ville a souffert.

M. Pariset vous a entretenus quelques instants sur deux industries de luxe, la ganterie et la soierie, sous cette forme claire, brève et élégante, habituelle à son auteur. Il nous a montré ces deux industries réclamant d'abord protection contre les produits étrangers, puis atteignant à un tel degré de perfection qu'elles croient pouvoir s'exercer en toute liberté. Mais, à partir de 1870, la lutte avec les industries similaires extérieures devient difficile, car l'extension du luxe en a diminué le raffinement. La France ne peut plus se cantonner sur son terrain favori, celui du bon goût et de l'élégance; elle est obligée de préparer des articles à des prix moins élevés pour répondre aux demandes de la consommation actuelle, et, sur ce terre à terre, elle rencontre des rivaux puissants. De là, la nécessité de transformer son outillage.

L'étude de M. Pariset, restreinte à la fabrication du gant et de la soierie, peut évidemment s'appliquer à toutes les autres industries de luxe et contient un enseignement fort précieux.

Depuis quelques années, les questions de pédagogie sont des plus passionnantes. On se demande avec anxiété quel est le meilleur système pédagogique. M. Thamin, maître de conférences à la Faculté des lettres, vous a soumis ses réflexions sur la *Pédagogie positiviste.*

Son étude est une critique sévère des prétentions du positivisme. A quoi bon l'éducation, dit M. Thamin, si, comme le veulent les positivistes, l'humanité est un seul être ayant

suivi par une évolution naturelle l'état théologique, l'état métaphysique et l'état positif? Les disciples de Comte n'ont pu se mettre d'accord pour trouver dans leur hiérarchie des sciences une méthode d'éducation. Les uns appliquent leur système à des jeunes gens de quinze à seize ans, les autres, à la fin de l'enseignement primaire et à l'enseignement secondaire. Enfin, les lettres restent de toute façon en dehors du programme positiviste, comme tout ce qui ne se plie pas aux méthodes positives. Bref, l'auteur estime que l'école positiviste n'a jamais été et ne pourra jamais être fondée.

M. Bertrand, professeur de philosophie à la Faculté des lettres, vous a déjà entretenus plusieurs fois des œuvres de Maine de Biran. Cette année encore, il a sollicité l'honneur de renverser, devant vous, l'accusation de matérialistes adressée récemment encore aux théories philosophiques de Maine de Biran.

Le grand philosophe, dit M. Bertrand, a toujours été spiritualiste ; cependant il a pu donner le change en remaniant souvent la même étude pour la présenter à différents concours, et répondre davantage aux idées des diverses Académies auxquelles il l'adressait. M. Bertrand en rencontre une nouvelle preuve dans un fragment inédit, écrit au plus fort de la tourmente révolutionnaire et intitulé : « *De l'Homme* ».

Après avoir examiné, dans cette étude, les idées de Montaigne et de Pascal sur la nature de l'homme, Maine de Biran conclut avec ce dernier à notre grandeur, tout en reconnaissant notre faiblesse. L'inquiétude de notre âme témoigne que le but de notre nature est de tendre invinciblement à la perfection ; aussi devrions-nous toujours viser à ce qui doit et peut rendre l'homme meilleur.

Cette conclusion, digne de faire le bonheur du vrai philosophe, établit solidement la démonstration que M. Bertrand avait à cœur de vous présenter.

Une autre personne étrangère à l'Académie, M. Thibaud, professeur au lycée, est venue nous faire une communication sur les *Contes de Perrault*. L'auteur y envisage surtout Perrault comme moraliste. Il ne le range point au niveau des moralistes du grand siècle; néanmoins, il lui fait une place honorable auprès d'eux. Sans doute, Perrault nous fait le tableau d'un monde de fantaisie; mais sous cette forme badine, il châtie les travers des grands et des humbles, l'influence corruptrice de l'argent, et dépeint la société comme elle devrait être.

Après l'histoire qui instruit, la philosophie et les lettres qui consolent, voyons les beaux-arts qui charment et embellissent la vie.

Le critique d'art fin et délicat, à qui vous demandez depuis longtemps et régulièrement une étude sur le Salon lyonnais, a bien voulu vous entretenir de l'Exposition lyonnaise de peinture et de sculpture en 1890.

M. R. de Cazenove n'a pu entreprendre de vous décrire les huit cents œuvres d'art exposées cette année. Il s'est contenté d'apprécier, avec le tact et la modération qui caractérisent notre distingué confrère, les œuvres les plus intéressantes vers lesquelles se dirigent de préférence, sinon la foule, au moins un groupe important de connaisseurs en fait d'art. Dans cet esprit, il vous a signalé : le *Trésor de douleurs* de M. de Gravillon, les toiles de notre collègue M. Nicolas Sicard, de MM. Gabriel Guay, Duthoit, Humbert, Lortet, Appian, Balouzet, Frappa, Rivoire, Perrachon, etc., etc.; enfin la *Prière de l'aïeule* de M. Jules Lefebvre, tableau auquel le critique accorde volontiers le premier rang du Salon.

Que restait-il à dire sur le côté architectural de notre grande Exposition universelle de 1889, sur l'introduction du fer et de la polychromie dans les monuments ? Fort peu de chose,

en raison des publications périodiques aussi nombreuses qu'illustrées, qui nous ont fait connaître l'Exposition au fur et à mesure de son développement.

Pourtant, M. Gaspard André a trouvé le moyen de vous intéresser vivement par des aperçus originaux. Il vous a montré, par l'exemple de la puissante et vaste galerie des machines, dont les fermes peintes en la couleur du sapin paraissaient faibles et grêles, combien on transforme l'aspect d'une construction en employant des teintes contraires à la nature des choses.

Parlant ensuite de l'influence du cadre sur la valeur d'un tableau, M. Gaspard André, évoquant nos souvenirs, nous a rappelé combien le groupe des monuments de l'Exposition, comprenant le dôme central et les galeries adjacentes, gagnait à être vu à travers l'immense ouverture de la base de la tour Eiffel dont les montants, les arcs et le sol jouaient l'office d'un vaste encadrement.

L'Académie de Mâcon avait projeté de célébrer brillamment le centenaire de la naissance de leur illustre compatriote Lamartine. Elle avait invité l'Académie de Lyon à se faire représenter à la solennité ; bien plus, elle l'avait priée de parler au nom de toutes les Académies de province. Votre bureau a confié la mission de nous représenter à M. Morin-Pons, président de la classe des lettres.

Les fêtes de Mâcon eurent lieu les 19, 20 et 21 octobre Toutes les gloires de Lamartine y ont été célébrées. Les belles paroles de M. Jules Simon ont achevé d'absoudre le poète aux yeux des personnes qui le blâmaient encore d'avoir déposé la plume pour se jeter dans la politique agitée de son époque, car elles ont montré combien, heureuse et grande, avait été sur la marche des événements l'influence du philosophe et du poète, dont le nom, la parole et le visage éveillaient les plus vives sympathies.

Mais votre délégué devait rester sur le terrain littéraire. M. Morins-Pons a loué le poète en termes émus autant qu'élevés, et il a recueilli de nombreuses félicitations pour la double mission qu'il a si remarquablement remplie.

Notre collègue a profité de cette occasion pour étudier les rapports que Lamartine avait eus avec notre ville, et bientôt il vous charmera, j'en ai la certitude, par la lecture du travail auquel il s'est livré.

Nos séances publiques ont été, cette année, plus nombreuses que d'ordinaire, pour vous permettre d'entendre les discours de réception de MM. Gobin, Leger, Henri Sicard et Clédat. Ces œuvres mûrement étudiées sont présentes à votre mémoire. Je ne ferai que vous les rappeler, car une rapide analyse comme la mienne serait indigne de leur valeur.

Parmi les travaux et les préoccupations de l'Académie, je mentionnerai l'attribution des prix que des donateurs généreux, amis des sciences et de l'humanité, ont mis à votre disposition. Je félicite vos Commissions du soin attentif et scrupuleux qu'elles accordent à choisir vos lauréats, et je dois exprimer publiquement le regret que vous éprouvez souvent de ne pouvoir récompenser tous les mérites qui sollicitent votre bienveillante attention.

Aujourd'hui même, vous allez décerner les prix Lombard de Buffières; les prix Clément Livet, le prix Dupasquier. Dans une autre séance, fort prochaine, vous décernerez le grand prix Chazière.

Je me bornerai à cette mention ; je ne voudrais pas anticiper sur les attributions de vos rapporteurs et diminuer le plaisir que vous éprouverez à les entendre dans quelques minutes.

Votre président n'a pas eu, cette année, de douloureux devoirs à remplir. Les cadres de l'Académie sont restés immuables depuis le 1er janvier 1890. Notre Compagnie a cependant comblé quelques brèches ouvertes dans ses rangs pendant les années précédentes, et la plupart par de simples démissions et par le passage de certains membres à l'éméritat. Aussi, nous félicitons-nous de voir l'Académie s'enrichir d'esprits distingués, comme M. le comte de Sparre, M. l'abbé Ulysse Chevalier et M. Léon Malo, qui, dans les sciences mathématiques, l'archéologie ou l'économie politique, se sont acquis une brillante notoriété.

Les membres de notre Académie sont justement appréciés hors de notre enceinte. C'est avec un sentiment d'orgueil bien placé que je citerai les récompenses et les distinctions obtenues par nos collègues :

M. Vachez a reçu le prix fondé par la Société des études historiques pour récompenser le meilleur travail sur un point d'histoire locale. M. Vachez a été élu récemment bâtonnier de l'ordre des avocats près la Cour d'appel de Lyon, dignité qui prouve combien notre secrétaire général est estimé de ses nombreux et distingués confrères.

L'Académie des Sciences morales et politiques a décerné à M. Beaune, le prix institué en faveur du meilleur ouvrage sur une question de jurisprudence pour l'ensemble de ses travaux sur l'*Histoire du droit coutumier français*.

M. Gaspard André a reçu un prix dans un concours ouvert par la ville de Lausanne, pour la construction d'une Université.

Enfin, M. Henri Sicard, doyen de la Faculté des sciences, a été nommé chevalier de la Légion d'honneur, dictinction que ses amis attendaient depuis longtemps.

Que nos confrères qui viennent d'être honorés et qui

honorent l'Académie reçoivent l'expression de nos félicitations bien sincères et bien vives.

Nos collections se sont enrichies d'un portrait de Dupasquier, ancien membre et donnateur de l'Académie, et d'un profil en plâtre de La Saulsaye, qu'elles doivent à la libéralité de notre collègues M. Gobin.

Elles se sont grossies, comme tous les ans, de nombreuses publications.

Je ne résiste pas au plaisir de rappeler que votre bibliothèque se compose actuellement de 20,000 volumes, dont 12,000 proviennent des dons faits par Adamoli, Christin, Artaud, les ministres de l'Instruction publique, du Commerce et de l'Agriculture et les auteurs eux-mêmes, et de 8,000 volumes envoyés en échange par 210 Sociétés savantes avec lesquelles nous sommes en relation.

Cette fortune est mise libéralement à la disposition du public studieux dans la bibliothèque du palais Saint-Pierre, et la seconde partie, comprenant des publications rares, presque inconnues dans le commerce, est fort recherchée par toutes les personnes qui s'occupent d'histoire, d'archéologie, de physique, de chimie et d'histoire naturelle.

L'Académie de Lyon n'est donc pas seulement une compagnie de savants, de lettrés et d'artistes, cherchant des satisfactions intellectuelles dans le calme de ses réunions hebdomadaires, c'est un corps sans cesse préoccupé du progrès de toutes les branches du savoir humain, d'encourager le bien et les belles actions, préoccupé aussi de susciter autour de lui les productions artistiques, littéraires et scientiques, en laissant puiser à pleine main dans ses riches collections. Bien que son influence soit locale, elle entend néanmoins travailler pour le bien, pour l'honneur et la fortune de la patrie.

Je touche, Messieurs, à la fin de ma tâche. Si je n'ai pas

été un président trop insuffisant, je le dois aux précieux collaborateurs que vous m'avez donnés. Je remercie M. Morin-Pons, mon collègue, du concours si dévoué qu'il a bien voulu m'accorder, MM. Bonnel et Vachez, nos secrétaires généraux, qui ont imprimé à nos séances, à tous nos travaux, une régularité parfaite, M. Saint-Lager, archiviste, et M. Perrin, trésorier, qui veillent attentivement sur nos richesses de tous genres. Je remercie, enfin, tous mes confrères de l'honneur inattendu qu'ils m'ont décerné en m'appelant à présider leurs réunions et de la bienveillance que depuis ils n'ont cessé de me témoigner.

A PROPOS

DE

L'UTILISATION DE L'EAU BOUILLIE

DANS L'ALIMENTATION

NOTE LUE A L'ACADÉMIE DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS DE LYON

Dans la séance publique du 20 juin 1890

PAR

M. GUINARD

Chef des travaux de physiologie à l'École vétérinaire de Lyon.

Depuis qu'on a signalé dans l'eau de boisson l'existence de germes et microbes susceptibles de devenir, après introduction dans l'organisme, la cause de maladies graves, on a indiqué un certain nombre de procédés pour détruire ces germes ou en débarrasser l'eau. Parmi ces procédés, les plus usités aujourd'hui sont la filtration et l'ébullition.

Je n'ai pas l'intention de m'occuper de la valeur des différents procédés de filtration, ni d'étudier longuement les avantages ou inconvénients que peut présenter l'emploi courant du filtre Chamberland dans la purification de l'eau. Cependant, j'ai trouvé dans une très intéressante discussion, soulevée au sein de la Société de médecine par une note de M. le professeur Lortet, sur les germes retenus par la bougie Chamberland, quelques documents que je tiens à reproduire. Au cours de cette discussion, M. Vallin a fait observer que les bougies Chamberland n'offriront de garanties sérieuses

qu'autant qu'elles auront été préalablement contrôlées. D'autre part, M. Arloing, après avoir rappelé les insuccès qu'avaient obtenus MM. Léon Tripier et Dor dans la stérilisation de l'eau par le filtre Chamberland, a ajouté que M. Chamberland lui-même a signalé une espèce microbienne très fine, qui se cultivant de proche en proche dans la porosité de la bougie, peut finir par apparaître dans l'eau filtrée. M. Arloing a complété ses observations en déclarant que le filtre Chamberland ne pourra être considéré comme parfait pour les laboratoires et comme bon dans les usages domestiques, que si l'on prend le soin de stériliser tous les mois les bougies à l'autoclave. Nous sommes donc autorisé à conclure : qu'en dehors de certaines conditions indispensables et qu'il n'est pas toujours facile de réaliser, le filtre Chamberland ne donne pas la certitude d'une purification suffisante.

L'ébullition, au contraire, est un procédé de purification très simple et très pratique qui, s'il n'est pas capable de détruire tous les germes vivant dans l'eau, offre certainement des garanties considérables, étant donnés surtout les résultats très rassurants obtenus par M. Miquel. Je ne veux pas entrer dans les détails d'une description complète des faits constatés par cet expérimentateur, je me contente de rappeler seulement qu'en opérant sur l'eau de la Seine, M. Miquel a démontré que l'ébullition purge l'eau d'organismes microscopiques dans la proportion de 995 pour 1000, et que les germes réfractaires paraissent n'avoir rien de commun avec les germes des microbes infectieux (1).

Cependant, nous devons à la vérité d'ajouter que Brefeld, Chamberland, Miquel ont vu, dans quelques rares cas, certains schizophytes pathogènes qui pouvaient résister à l'ébullition.

(1) Voir *Semaine médicale*, 1884, p. 201.

Malgré cela, comme en règle générale les bacilles et les spores meurent entre 90° et 100°, on peut utiliser sans crainte l'eau qui a subi une ébullition prolongée.

Ce moyen de purifier les eaux de boisson est d'ailleurs couramment employé par les Orientaux, qui lui accordent une grande confiance. C'est lui que tous les auteurs, ainsi que les Conseils d'hygiène, ont recommandé et recommandent encore en temps d'épidémie ou lorsqu'il s'agit simplement d'utiliser une eau sur la pureté de laquelle on a quelques doutes; c'est encore lui que nous trouvons conseillé dans l'instruction rédigée par le Conseil de santé des armées, sur la correction de l'eau en campagne; c'est lui enfin qui constitue certainement la mesure prophylactique la plus pratique, la plus commode, le plus à la portée de tous et probablement la plus sûre.

Mais on a fait et l'on fait encore à l'ébullition des reproches assez sérieux, reproches que certains hygiénistes considèrent comme tellement graves qu'ils préfèrent ne pas l'employer, et abandonnent le bénéfice de la sécurité qu'offre l'utilisation de l'eau bouillie dans l'alimentation journalière. On accuse cette eau de n'être plus une boisson convenable, on prétend qu'elle a perdu une grande partie de sa valeur nutritive, que, même après refroidissement complet, elle est prise avec répugnance, qu'elle est indigeste et de saveur fade. On ajoute que si elle est fade, lourde et indigeste, c'est qu'elle est privée des éléments de l'air; que son manque de saveur et sa faible valeur nutritive proviennent de la précipitation des sels calcaires et magnésiens; qu'enfin la précipitation par la chaleur des parties terreuses en suspension la rend très désagréable à boire. Ce dernier reproche n'est pas sérieux, car il suffit, pour débarrasser une eau des parties terreuses en suspension, de la filtrer et de la laisser déposer.

Quant à la saveur, il est exact que l'eau récemment bouillie

est fade, surtout si elle est employée peu de temps après son refroidissement; que par suite de cette fadeur, elle n'est pas agréable à boire; certaines personnes déclarent même ne pas pouvoir la supporter. Mais c'est encore un reproche dont on a trop exagéré l'importance, car bien refroidie et exposée à l'air, l'eau bouillie n'est pas aussi désagréable qu'on veut bien le dire, et la question du manque de saveur ne nous paraît pas une bien grave objection.

Reste l'absence des éléments de l'air et la diminution du pouvoir nutritif de l'eau par précipitation des sels. C'est afin d'être fixé sur la valeur de ces modifications que nous avons entrepris, sur les conseils de M. le professeur Arloing, un certain nombre d'essais qui nous ont permis de poser des conclusions.

Nos expériences sont toutes comparatives, elles ont porté sur des eaux de provenances diverses, que nous avons analy sées avant et après ébullition, au double point de vue de leur richesse en gaz et de leur teneur en sels terreux.

I. — Variations dans le degré hydrotimétrique des eaux soumises à l'ébullition.

Ces essais ont été faits avec toutes les précautions désirables, tant au point de vue des dosages qu'au point de vue des soins apportés aux différentes manipulations, nous les croyons rigoureusement bons, d'autant plus que les chiffres que nous allons fournir sont des moyennes de trois ou quatre essais sur chaque variété d'eau.

La première analyse porte sur l'eau du Rhône filtrée, telle qu'elle est distribuée à Lyon par les bornes-fontaines. Avant ébullition, cette eau marque 15°5; soumise pendant quinze minutes à une ébullition active, elle perd 3°5 seulement et ne

marque plus que 12° hydrotimétriques. Les mêmes essais pratiqués sur l'eau de la Saône, nous ont donné des résultats peu différents. De 16°, cette eau est tombée après ébullition d'un quart d'heure, à 11°.

Ce sont là deux types d'eau dont le degré hydrotimétrique n'est pas excessif, surtout si nous les comparons à celles qui ont été analysées ensuite et qui proviennent l'une d'un puits, l'autre d'une source situés dans les dépendances de l'École vétérinaire. Ces eaux sont très lourdes, très chargées en sels calcaires, aussi allons-nous trouver un écart beaucoup plus important entre leur dureté temporaire et leur dureté permanente. En effet, l'eau de puits qui normalement marque 52° hydrotimétriques, n'en a plus que 34° après ébullition de quinze minutes. Avec l'eau de source la différence est à peu près la même ; elle est seulement de 15° au lieu de 18°, car nous avons après le même temps d'ébullition 26° au lieu de 41°. L'ensemble des résultats que nous avons obtenus est résumé dans le tableau suivant :

PROVENANCE DE L'EAU ANALYSÉE	Avant ébullition	Après 15 minutes d'ébullition	DIFFÉRENCE
Rhône	15° 5	12°	3° 5
Saône	16°	11°	5°
Source	41°	26°	15°
Puits	52°	34°	18°

L'écart entre ces chiffres obtenus avec les eaux potables est faible ; il est, au contaire, plus considérable quand il s'agit d'eaux dures et fortement calcaires. Ce sont particulièrement des bicarbonates de chaux qui précipitent pendant l'ébullition, et c'est à eux qu'il faut attribuer la dureté temporaire

d'une eau. Mais il est bien certain qu'ils ne sont pas complètement décomposés et qu'il en reste une certaine quantité, même après l'action prolongée de la chaleur. C'est d'ailleurs ce qui nous est démontré par un certain nombre d'essais qualitatifs et quantitatifs faits avec la teinture de bois de campêche et une liqueur hydrotimétrique bien titrée. L'eau du Rhône bouillie contenait encore 0 gr. 09 cent. à 0 gr. 10 cent. de sels de chaux par litre. D'autre part, la plus grande partie des carbonates de magnésie, grâce à l'aptitude que possède cette base à former des bicarbonates, n'est pas précipitée ; ces sels doivent donc rester en totalité dans l'eau bouillie.

En résumé, l'ébullition change bien peu le degré hydrotimétrique d'eau de boisson, et les variations les plus grandes s'observent surtout lorsqu'il s'agit d'eaux très riches en bicarbonates, très dures, et par conséquent impropres à l'usage alimentaire.

C'est donc une erreur de prétendre que l'ébullition fait perdre à l'eau une grande partie de sa valeur nutritive, en provoquant la précipitation des sels de chaux; nous avons vu plus haut que la quantité restante est bien suffisante et qu'il n'y a pas lieu, par conséquent, de craindre que ce procédé de purification puisse avoir pour conséquence de priver l'organisme d'une source de matières salines, qui d'ailleurs n'est pas indispensable, car généralement les matières minérales se trouvent en quantité suffisante dans les aliments, tels que pain, vin, viande, légumes, etc.

Cependant, bien que m'écartant un peu de mon sujet en abordant cette question de l'utilité des sels de l'eau dans le rôle qu'elle joue comme aliment, je dois rappeler que M. A. Gauthier, d'abord dans son traité de chimie appliquée à la physiologie, puis dans un remarquable article de l'*Encyclopédie d'hygiène et de médecine publique*, paru tout récemment, s'est occupé, à propos des eaux potables, d'établir l'im-

portance des sels de chaux qu'elles renferment et représente ces sels comme un complément indispensable devant s'ajouter à ceux qui seraient contenus, en quantité insuffisante, dans une ration d'entretien.

Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, que j'emprunte à l'*Encyclopédie d'hygiène,* l'homme adulte excréterait par jour une quantité de chaux égale à 0 gr. 824 cent., il doit, pour que l'organisme se maintienne dans un parfait état, retrouver cette même quantité dans les aliments qu'il absorbe chaque jour. Or, nous recevons quotidiennement par une alimentation ordinaire, moyenne et assez riche, 0 gr. 650 cent. de chaux. Il y a donc un déficit de 0 gr. 174 cent. qui doit être comblé, soit par un supplément d'alimentation, soit par l'eau potable.

L'opinion de M. Gauthier paraît surtout être en faveur de l'eau potable, car pour lui les meilleures eaux sont celles de terrains crétacés, contenant, par litre 0 gr. 15 cent. à 0 gr. 30 centigrammes de bicarbonate calcique.

Mais alors dans les villes comme Saint-Étienne, par exemple, où l'eau de boisson contient à peine 0 gr. 02 cent. de matières minérales par litre, comment s'établit la compensation ? Je suis persuadé qu'on ferait frémir un Stéphanois si l'on venait lui dire que pour qu'il puisse retrouver les sels de chaux qui manquent dans ses aliments et que doit lui fournir l'eau qu'il boit, il est forcé d'en absorber près de 10 litres par jour.

De plus, dans un très grand nombre d'endroits, on ne boit que de l'eau de citerne, dont la richesse en matières terreuses est nulle ou à peu près. Or, il ne semble pas que les individus qui n'usent que de cette eau s'en portent beaucoup plus mal.

Il paraît donc certain, qu'en dehors de l'eau, nous devons trouver dans notre alimentation journalière, dans le pain, la

viande, le vin, dans les œufs, le lait et surtout dans les légumes, la quantité de chaux et autres matières minérales nécessaires à notre organisme. Nous admettons par conséquent que, dans la majorité des cas, les matières minérales de nos aliments suffisent aux besoins de l'organisme et que les sels contenus dans l'eau de boisson sont inutiles.

Cependant, en supposant même que l'eau soit appelée à fournir à l'organisme une notable proportion de sels minéraux dont il a besoin, nous avons vu que l'ébullition change bien peu sa valeur à ce point de vue-là, et que l'eau du Rhône, par exemple, qui avant l'action de la chaleur contient 0,15 centigrammes de matières terreuses par litre, en contient encore 0,12 centigrammes après quinze minutes d'ébullition.

II. — Influence de l'ébullition sur l'aération de l'eau.

Les éléments de l'air étant chassés par l'ébullition, l'eau devient lourde et indigeste. Voilà un gros reproche, répété partout et opposé souvent à l'emploi courant de la chaleur pour la purification de l'eau de boisson.

Avant de prouver que l'eau bouillie n'est pas aussi dépourvue de gaz qu'on veut bien le dire, je tiens à faire observer que l'importance de ces gaz a été beaucoup plus exagérée, et qu'alors même que l'ébullition les chasserait complètement, ce ne serait pas une raison pour proscrire l'eau bouillie des usages alimentaires journaliers. Il suffit en effet de se demander pourquoi la rareté ou l'absence des éléments de l'air dans l'eau serait nuisible, pour se voir dans l'obligation de répondre qu'on n'en sait rien. L'azote, pas plus que l'oxygène, ne paraissent indispensables à la digestion, et l'acide carbonique est certainement le seul gaz dont l'absence paraît le mieux se faire sentir à cause de la sapidité qu'il communique à l'eau.

Nous n'ignorons pas cependant que dans les cas où il s'agit d'une eau naturelle, la présence de l'oxygène prend une importance considérable, car étant incompatible avec une trop grande quantité de matières organiques ou minérales, son absence peut être considérée comme un signe d'impureté. A part ce dernier cas, aucune preuve n'ayant été fournie, on peut, à l'exemple de M. J. Arnould, déclarer que les accusations précises formulées à l'égard des eaux peu ou point aérées sont de pures hypothèses. D'ailleurs, nous verrons dans un instant que l'eau ne perd jamais tous ses gaz par l'ébullition, et qu'il suffit de la laisser refroidir à l'air pour qu'elle reprenne la majeure partie, sinon la totalité, de ceux qu'elle a perdus.

Nous avons donc entrepris d'extraire et de faire l'analyse quantitative des gaz contenus dans l'eau avant et après ébullition. Pour faire ces extractions, nous avons toujours combiné l'action du vide à celle de la chaleur (71° à 85°), suivant exactement le manuel opératoire employé, dans le laboratoire de physiologie, pour l'extraction des gaz du sang et nous servant de l'appareil annexé à la pompe à mercure par M. Chauveau.

1° *Essais portant sur l'eau du Rhône filtrée, telle qu'elle est distribuée à Lyon par les bornes-fontaines.*

A) Avant ébullition, 100 centimètres cubes de cette eau ont dégagé 6 c.c. 1 de gaz, qui se sont décomposés en :

Acide carbonique	1 c.c. 6
Oxygène	1 c.c. 4
Azote	3 c.c. 1

B) Après quinze minutes d'ébullition et exposition de vingt

heures à l'air, dans un endroit frais, la même eau a cédé 4 c.c. 5 de gaz, qui se sont décomposés en :

Acide carbonique.	0 c.c. 4
Oxygène	1 c.c. 3
Azote.	2 c.c. 8

2° *Essais portant sur l'eau du Rhône prise dans le fleuve, à la hauteur du pont de la Guillotière.*

A) Avant l'action de la chaleur, 100 centimètres cubes de cette eau ont dégagé 5 c.c. 4 de gaz, qui se sont décomposés en :

Acide carbonique.	1 c.c. 1
Oxygène	1 c.c. 3
Azote.	3 c.c. 0

B) Après quarante-cinq minutes d'ébullition et aussitôt après son refroidissement, la même eau a cédé 1 c. c. 9 de gaz, qui se sont décomposés en :

Acide carbonique.	0 c.c. 3
Oxygène	0 c.c. 5
Azote.	1 c.c. 1

C) Après quarante-cinq minutes d'ébullition et vingt-quatre heures d'exposition à l'air, dans un endroit frais, la même eau a laissé dégager 3 c. c. 9 de gaz, qui se sont décomposés en :

Acide carbonique	0 c.c. 3
Oxygène	1 c.c. 1
Azote.	2 c.c. 5

3° *Essais portant sur l'eau du puits de l'École vétérinaire.*

A) Avant l'ébullition, 100 centimètres cubes de cette eau ont donné 9 c.c. 2 de gaz, qui se sont décomposés en :

Acide carbonique	5 c.c. 7
Oxygène	1 c.c. 1
Azote.	2 c.c. 4

B) Après quinze minutes d'ébullition et vingt-quatre heures d'exposition à l'air, dans un endroit frais, la même eau a cédé 3 c. c. 7 de gaz, qui se sont décomposés en :

Acide carbonique	0 c.c. 3
Oxygène	1 c.c. 1
Azote.	2 c.c. 3

Ces trois séries d'expériences nous paraissent démonstratives et prouvent certainement que l'eau bouillie abandonnée à l'air dans un endroit frais, pendant vingt à vingt-quatre heures, redissout la majeure partie des éléments gazeux qu'elle avait perdus. Les proportions d'acide carbonique, surtout dans la série III, sont les plus variables; mais ceci se conçoit fort bien, car la plus grande partie de ce gaz provient de la décomposition des bicarbonates, et nous avons vu plus haut que l'eau de puits, sur laquelle ont porté nos essais, a un degré hydrotimétrique très élevé.

Nous disions au début de ce chapitre que l'eau ne perd jamais tous ses gaz par l'ébullition. C'est là un fait dont nous avons pu nous assurer et qui n'a pas manqué de nous surprendre, car il est bien admis partout que le moyen de priver l'eau de ses éléments gazeux consiste à la porter à l'ébullition.

Dans les précédentes expériences, l'eau bouillie dont nous avons extrait des gaz était restée de vingt à vingt-quatre heu

res exposée au contact de l'air, il n'est pas surprenant qu'elle ait pu redissoudre ces gaz, dans les proportions qui ont été notées. Mais nous avons extrait des gaz en quantité notable : 1° d'une eau bouillie récemment et à peine refroidie à 25° ou 30°; 2° d'une eau bouillie, refroidie et conservée à l'abri du contact de l'air par une couche d'huile versée sur elle pendant l'ébullition; 3° d'une eau ayant été maintenue en ébullition, pendant trente minutes, dans un matras dont l'orifice fut fermé à la lampe, et dont le refroidissement se fit par conséquent dans un milieu vide d'air. Cette dernière expérience nous paraît très démonstrative et prouve, je crois, qu'il est bien vrai que la chaleur seule est impuissante à faire dégager les gaz en dissolution dans l'eau.

Cette question de la solubilité des éléments de l'air et de la quantité de ces éléments que peut retenir une eau soumise à l'action prolongée de la chaleur, ne se rapportant pas directement à notre sujet, nous ne l'étudierons pas en détail ici, nous réservant d'ailleurs d'en faire l'objet d'un travail particulier. Ne voyant pas, jusqu'à présent du moins, de cause d'erreur possible dans les principaux essais que nous avons faits, il ne nous semble pas douteux que la chaleur ainsi que le vide, employés isolément, soient insuffisants pour faire dégager complètement les gaz dissous dans l'eau.

Conclusions. — Parmi les procédés de purification de l'eau, l'ébullition paraissant le plus sûr, le plus simple et le plus à la portée de tous, il y a lieu d'en vulgariser l'emploi dans l'alimentation journalière, et cela avec d'autant plus de raison qu'il ne modifie pas ou très peu les qualités de l'eau de boisson.

Contrairement à ce que l'on croyait, la richesse en sels, particulièrement en sels de chaux, est toujours suffisante et diffère peu, dans une eau bouillie, de celle que l'on constate dans la même eau, avant l'ébullition.

Les gaz dissous dans l'eau ne sont jamais tous expulsés par la simple ébullition même prolongée, et il suffit de laisser refroidir l'eau au contact de l'air et surtout de prolonger ce contact, dans un endroit frais, pour que la majeure partie des gaz chassés par la chaleur entre de nouveau en dissolution.

ÉTUDE

SUR

LE BACILLE TYPHIQUE

ET

L'ÉTIOLOGIE DE LA FIÈVRE TYPHOÏDE

PAR

M. A. RODET
Agrégé à la Faculté de médecine.

Lorsque la théorie parasitaire de la virulence eut trouvé, dans les travaux de M. Pasteur sur les ferments, un appui solide, la fièvre typhoïde dut nécessairement être au rang des maladies pour lesquelles l'hypothèse d'un agent spécifique animé était le plus vraisemblable, et ce fut une de celles où la recherche de cet agent se porta avec prédilection.

A diverses reprises, des observateurs signalèrent, chez les malades atteints de fièvre typhoïde, des microbes qu'ils considérèrent comme les agents pathogènes. Mais c'étaient des observations superficielles et sans valeur.

La connaissance du microbe de la fièvre typhoïde fut engagée dans une bonne voie par le travail d'Eberth (1880), qui découvrit, dans les tuniques intestinales, les ganglions mésentériques, la rate des typhiques, un microbe en bâtonnet gros et court. Ce bacille d'Eberth se trouva en concurrence avec un

microbe signalé par Klebs, en bâtonnet long et grêle. Koch examina la question, et son jugement autorisé se prononça pour le bacille d'Eberth. Un élève de Koch, Gaffky, publia en 1884 un travail qui dépassa en importance tout ce qui avait été fait jusque-là. Le microbe rencontré par Gaffky dans les organes des typhiques était toujours le même, c'était celui qu'avait décrit Eberth; l'auteur en faisait une description détaillée.

Les recherches ultérieures confirmèrent cette donnée; elles établirent que l'on trouve toujours dans les organes des typhiques le microbe qu'ont décrit les deux bactériologistes allemands. Aussi, est-il généralement admis aujourd'hui que le bacille d'Eberth-Gaffky est l'agent déterminant de la fièvre typhoïde. On n'en a pas, il faut le reconnaître, la démonstration rigoureuse, qui exigerait la reproduction expérimentale, avec ce microbe, d'une maladie semblable à la fièvre typhoïde; mais le microbe existe constamment dans la rate des typhiques, et il y est toujours seul; c'est, à défaut de certitude, une grande probabilité.

Ceci étant, on peut poser et il reste à résoudre une question fort importante au double point de vue théorique et pratique. Le microbe de la fièvre typhoïde se rencontre-t-il exclusivement dans les organismes atteints de cette maladie? Appartient-il à la catégorie des microbes qui, strictement parasites et pathogènes, ne se propagent que d'homme à homme, de malade à malade, leur pullulation ne pouvant pas se faire dans la nature morte, et leur présence dans l'organisme étant rigoureusement accompagnée des troubles morbides dont ils sont les agents spécifiques? Le microbe typhique n'a-t-il pas au contraire un domaine plus large? ne peut-il pas, à l'exemple des bacilles du tétanos, de la septicémie gangréneuse, du charbon, etc., vivre et pulluler dans la nature morte en saprophyte (atténué ou non)? ne peut-il pas aussi être un hôte

habituel des organismes humains, parasite généralement toléré, ne devenant nocif que dans des circonstances accidentelles, comme le sont ou peuvent l'être divers microbes pathogènes, tels que ceux de la pneumonie, de la suppuration, de la septicémie gangréneuse, etc. ?

Mes observations me conduisent à répondre à cette question que la fièvre typhoïde a pour agent un microbe qui existe normalement dans l'intestin de l'homme, et que le bacille décrit par Eberth et Gaffky n'est autre que ce microbe commun légèrement modifié.

Analysant au point de vue bactériologique le contenu de l'intestin des nourrissons, Escherich y trouva, entre autres microbes, une espèce qui y était présente en plus grand nombre que les autres, qui y existait d'une façon constante et qu'il nomma pour cette raison *bacterium coli commune.* Ce microbe n'est pas seulement, comme le dit Escherich, un hôte constant de l'intestin des nourrissons ; c'est, comme on le vit ensuite, un habitant normal de l'intestin de l'homme à tout âge.

En 1888, j'eus l'occasion d'étudier ce microbe d'Escherich, et je fus vivement frappé de sa ressemblance avec le bacille d'Eberth-Gaffky. Je cultivais un microbe qui me paraissait être le bacille typhique, ou tout au moins s'en rapprocher beaucoup, et cependant je ne le rencontrais pas seulement chez des malades atteints de fièvre typhoïde (je l'avais notamment isolé d'un pus d'abcès du foie, et je le trouvais dans les matières fécales d'un homme sain). Je conçus l'idée qu'il pouvait y avoir une étroite parenté entre un hôte normal de l'intestin (c'était en réalité, je le sus ensuite, le microbe d'Escherich) et le bacille de la fièvre typhoïde.

De son côté, le Dr G. Roux, en faisant des analyses d'eaux suspectes d'avoir déterminé des cas de fièvre typhoïde, se trouva amené par une autre voie que moi à attribuer au

microbe d'Escherich un rôle dans la production de cette maladie. Nos recherches furent alors poursuivies en collaboration et firent l'objet de deux communications. La première avait pour but d'attirer l'attention sur le rôle du *bacterium coli commune* en pathologie; elle concluait que ce microbe n'était pas, comme on le croyait, inoffensif, qu'il pouvait produire des méfaits et peut-être jouer un rôle dans l'étiologie de la fièvre typhoïde. Dans notre seconde communication, nous étions plus précis et plus formels, nous disions que le bacille d'Eberth n'est pas spécifiquement différent du microbe d'Escherich, et que ce dernier est le véritable agent typhogène.

Nous basons cette conclusion sur les trois ordres de faits suivants:

A) Dans plusieurs eaux, dont la consommation avait déterminé la fièvre typhoïde, nous avons constaté, M. Roux et moi, la présence du *bac. coli comm.* et l'absence de microbes répondant à la définition exacte du bacille d'Eberth.

B) Nous avons minutieusement comparé les caractères des deux microbes en question, et nous nous sommes assurés que les ressemblances étaient grandes et les différences peu importantes. Au point de vue morphologique, il y a sans doute de notables différences, si l'on considère les deux types bien tranchés, tels qu'on peut les observer dans les cultures. Mais, d'une part, le bacille d'Eberth, tel qu'il se trouve dans la rate des typhiques, ressemble beaucoup au *bac. coli;* d'autre part, les caractères morphologiques du *bac. coli* sont bien loin d'être fixes: ils se modifient très facilement (notamment par la chaleur ou par certaines influences altérantes dans les séries de cultures) et se rapprochent considérablement alors des caractères du bacille d'Eberth cultivé, au point de s'identifier même complètement avec eux. Les caractères macroscopiques des cultures en bouillon de ces microbes se ressemblent beaucoup. Sur la gélatine, les deux microbes

peuvent donner des cultures identiques. Les caractères de la culture sur pomme de terre ont été donnés comme très différents et suffisants à distinguer les deux espèces; or, ni pour le bacille d'Eberth, ni pour le bacille d'Escherich, les caractères ne sont constants et fixes : ce dernier notamment donne sur ce milieu des cultures d'aspect très varié, qui peuvent se rapprocher beaucoup du type considéré comme caractéristique du bacille typhique. Il n'y a pas de différence importante dans les effets de ces microbes sur les animaux: l'un et l'autre déterminent chez les cobayes et les souris des troubles, variables d'ailleurs, non caractéristiques, et très analogues.

En résumé, dans les différents caractères distinctifs assignés aux bacilles d'Eberth et d'Escherich, nous n'en trouvons aucun qui soit assez fixe, ni d'ordre assez élevé pour suffire à établir la distinction des deux espèces. Les différences que l'on a signalées entre les deux microbes sont dans les limites de variabilité d'une même espèce: nous trouvons certainement moins de différence entre le *bac. coli* et le bacille d'Eberth qu'entre le *bac. anthr.* virulent et le même atténué.

C) Nous basons en troisième lieu notre conclusion sur l'examen comparé de la rate des typhiques et de leur contenu intestinal. Nous avons attiré l'attention sur ce fait, que, tandis que le sang de la rate renferme en abondance le bacille d'Eberth, on peut, dans les matières intestinales, ne pas trouver de microbe répondant à la définition de ce dernier, mais en revanche le bacille d'Escherich en quantité extraordinairement abondante, en culture presque pure. Quelques observateurs disent avoir trouvé le bacille d'Eberth dans le contenu intestinal; mais d'autres très compétents, Gaffky lui-même, ne l'y ont pas décelé. Donc, il y est ou inconstant ou rare; et cependant, vu le mode de contagion de la fièvre typhoïde (par les matières fécales) et son processus (point de départ intestinal), ne doit-on pas trouver en abondance le microbe typho-

gène dans les matières fécales? En d'autres termes, celui qu'on y trouve en abondance doit être le microbe typhogène et ne pas être spécifiquement différent de celui qu'on trouve dans la rate.

En résumé, les analyses d'eaux suspectes, les constatations bactériologiques faites sur les malades rendent très probable la filiation du bacille d'Escherich et du bacille d'Eberth; d'importantes ressemblances morphologiques confirment cette filiation, et il n'y a aucune dissemblance suffisante pour l'infirmer.

D'après cette théorie, c'est le *bacillus coli communis,* hôte normal de l'intestin, qui est l'agent déterminant de la fièvre typhoïde : le bacille d'Eberth, type que l'on trouve dans l'intimité des tissus des typhiques, est le résultat d'une légère modification que subit le microbe, probablement du fait même de son passage dans l'organisme malade.

La conséquence qui découle immédiatement de là, c'est que les déjections humaines banales, et non pas seulement les déjections typhiques, peuvent communiquer à l'eau la propriété d'engendrer la fièvre typhoïde chez les personnes qui la consomment. C'est aujourd'hui une donnée bien établie que l'eau de boisson joue un grand rôle dans la propagation de la fièvre typhoïde : on ne compte plus les histoires d'épidémies ou d'endémies typhoïdes, d'où le rôle de l'eau comme véhicule du germe ressort avec évidence: notamment les faits relevés à Paris et à Vienne, c'est-à-dire la fièvre typhoïde manifestement liée à la consommation de l'eau de la Seine et de l'eau du Danube, démontrent cette donnée presque à la façon d'une expérience de laboratoire. Mais il y a plusieurs manières de comprendre ce rôle de l'eau. Il est généralement admis que, pour posséder la propriété typhogène, une eau doit nécessairement avoir reçu le germe spécifique d'une contamination par des déjections de malades atteints de fièvre typhoïde. Il en serait tout autrement dans

notre manière de voir : des déjections humaines quelconques, banales, suffiraient à donner à l'eau qu'elles contaminent cette dangereuse propriété. Ce n'est pas là une conception neuve; depuis longtemps les matières fécales sont soupçonnées d'être le point de départ de la fièvre typhoïde : Murchison a ardemment soutenu cette thèse, que la fermentation fécale est l'origine, et la seule, de la dothiénentérie; et même des cliniciens, tout en admettant la spécificité du germe, ont affirmé que les déjections fécales peuvent le recéler et le transmettre sans provenir de typhiques.

Là se dresse immédiatement une objection. Si cet agent typhogène est un hôte normal de notre intestin, pas n'est besoin que nous l'ingérions avec de l'eau pour prendre la fièvre typhoïde, et aucun homme ne devrait y échapper. Cette objection, séduisante et fondée en apparence, est détruite par les données les mieux établies de la microbiologie générale. C'est d'abord que la virulence, pour une espèce microbienne donnée, est loin d'être une propriété fixe et immuable : le microbe le plus dangereux sous un certain état est susceptible de se présenter sous une gamme de degrés de virulence, même dans un état d'innocuité complète. En second lieu, on sait fort bien aujourd'hui que l'organisme n'est pas un terrain constamment ouvert à l'invasion des microbes, et se laissant passivement envahir; c'est une place forte bien armée, opposant à ses ennemis microscopiques, par un mécanisme complexe, une active résistance. Cette résistance nous permet de loger habituellement sur nos surfaces et dans nos cavités naturelles des hôtes souvent dangereux, en soutenant incessamment contre eux une lutte dans laquelle nous sommes généralement victorieux; de sorte que, si la maladie peut résulter d'un renforcement de l'attaque des microbes, elle peut aussi être la conséquence d'une défaillance accidentelle de notre résistance. On comprend dès lors que nous puissions

héberger en commensal le bacille typhogène, parce que dans l'état ordinaire ses moyens d'attaque ne dépassent pas nos moyens de résistance, et que la fièvre typhoïde puisse être produite par ce même hôte s'il se présente avec une puissance exaltée, ou même si, sans changer de force, il trouve un moment l'organisme en défaut. Reste à déterminer (et cela demande de longues recherches) quelles sont les conditions dans lesquelles le *bacillus coli communis* augmente de virulence, et pourquoi il est dangereux dans l'eau de boisson contaminée par lui.

Cette conception de l'étiologie de la fièvre typhoïde n'est pas en opposition avec les faits d'observation ; je vais plus loin, et je crois pouvoir dire qu'elle concorde avec eux bien mieux que les autres, et que c'est la seule dans laquelle des faits en apparence contradictoires s'harmonisent facilement.

Il est bien souvent impossible de rattacher des cas de fièvre typhoïde à des cas antérieurs. La doctrine classique se heurte là à une grosse difficulté : forcée d'admettre la filiation des cas, elle croit que celle-ci échappe à l'observation. Mais bon nombre de cliniciens affirment que cette filiation n'existe souvent pas ; rien n'est plus clair dans notre théorie.

Notre théorie explique l'importance qu'ont, dans l'éclosion de la fièvre typhoïde, les installations défectueuses des latrines et des fosses d'aisances, dont l'observation a si bien vu le rôle, que ces réceptacles de déjections sont toujours le principal objectif de l'hygiéniste (quelles que soient ses tendances théoriques) qui cherche à expliquer et à combattre une épidémie locale de dothiénentérie.

La théorie classique explique mal la nocivité des eaux de rivière. Dans certaines localités, l'eau de rivière est fortement et constamment typhogène : faut-il donc admettre que la rivière considérée est, en amont, à chaque instant contaminée

par des typhiques? Cela serait nécessaire dans la doctrine classique, à moins d'admettre que le microbe spécifique, une fois dans l'eau, y pullule abondamment et d'une façon durable, ce qui est en désaccord avec les faits expérimentaux. Ce qu'une rivière reçoit constamment de ses riverains, ce sont des souillures banales; dans notre théorie, elles suffisent : la nocivité constante d'une eau de rivière devient alors très claire.

Nombre de cliniciens et d'hygiénistes affirment que la fièvre typhoïde peut éclater chez un individu, sans qu'il en reçoive de nulle part le germe, ni par contagion immédiate, ni par l'eau. Cette *auto-infection*, que la théorie classique est réduite à nier, ou à interpréter d'une manière qui équivaut à une négation, devient lumineuse dans notre théorie : l'organisme peut accidentellement se laisser infecter par le germe typhogène qu'il recèle, soit que sa résistance se trouve en défaut par suite d'un trouble physiologique, soit que le germe vienne à acquérir dans l'intestin même une exaltation de nocivité.

Quant à la contagion de la fièvre typhoïde, généralement admise (mais non pas, qu'on le remarque, d'une manière unanime), il est évident que la théorie classique l'explique fort bien. Mais ce mode étiologique n'est pas en désaccord avec la nôtre; il est très concevable qu'un germe, qui a produit une fièvre typhoïde parce qu'il était dans un état de virulence exaltée, soit capable d'en produire d'autres cas, s'il est transmis par le malade à d'autres individus dans ce même état d'exaltation.

Les conséquences pratiques qui découlent de ces considérations sont si claires, que je peux être très bref sur ce point. Il est évident que, si la fièvre typhoïde a pour agent déterminant un microbe banal présent normalement dans l'intestin et dans toute déjection intestinale, la prophylaxie de la fièvre

typhoïde ne doit pas se borner à éviter les contacts avec les typhiques et à se mettre en garde contre les déjections de ces malades. La possibilité de l'auto-infection commande des mesures d'hygiène générale. L'infection par le microbe faisant retour à l'organisme, après passage dans les milieux extérieurs, commande des mesures sévères à l'égard des vidanges et de l'eau de boisson. Ne conservons pas de dépôts de matières fécales; supprimons, autant que possible, les fosses, qui par la moindre fissure peuvent infecter les eaux profondes. Soyons sévères pour l'eau de boisson : toute eau de rivière est suspecte, et, si une ville ne peut se donner le luxe d'une eau de source, incomparablement la meilleure, qu'elle fasse subir à son eau une filtration sur un filtre de sable et de gravier bien installé; à défaut d'une bonne installation générale, il est prudent que les consommateurs épurent leur eau soit par l'ébullition, soit de préférence par la filtration sur porcelaine.

LE

TRAITEMENT DE LA TUBERCULOSE

Par la méthode de M. Koch.

RÉFLEXIONS CRITIQUES SUR SA NATURE, SA FILIATION, SON MÉCANISME ET SES INDICATIONS.

PAR

M. S. ARLOING

I

M. R. Koch annonça au Congrès international de médecine, ouvert à Berlin le 4 août 1890, qu'il avait trouvé des substances capables de rendre des cobayes réfractaires à l'inoculation de la tuberculose, et même d'arrêter la maladie dans le cas où elle aurait été préalablement communiquée à ces animaux. M. Koch ajouta que si les expériences qui découlent de ces essais venaient à se réaliser, si l'on arrivait à se rendre maître dans l'une des maladies infectieuses d'origine bactérienne de l'ennemi microscopique qu'on n'a pu vaincre jusqu'à ce jour dans l'organisme, bientôt on atteindrait le même résultat dans d'autres maladies. Cette phrase contenait implicitement la déclaration que les études de M. Koch allaient bientôt sortir du laboratoire et se poursuivre à l'hôpital. Effectivement, des expériences ont été faites sous sa direction par M. Libbertz et Pfuhl, dans les cliniques de MM. Brieger, W. Levy,

Fraentzel et Von Bergmann. M. Koch aurait désiré les continuer plus longtemps avant de s'expliquer sur leurs résultats. Mais des indiscrétions et des exagérations s'étant répandues dans le public médical et laïque, il crut devoir faire une deuxième communication à la presse, vers le milieu du mois de novembre.

L'auteur y parla des effets physiologiques de son remède sur l'homme sain et sur l'homme tuberculeux à la suite d'injections sous la peau. Il nous apprit qu'à dose égale, dose toujours faible, le remède produit peu ou pas d'effets sur le premier; tandis que sur le second, il détermine une réaction fébrile énergique et une réaction inflammatoire autour des lésions tuberculeuses. Si l'affection siège à la peau, comme dans le lupus, la partie malade se gonfle, rougit, et une sérosité plus ou moins abondante se concrète à la surface; si elle siège dans les os, les articulations, les ganglions lymphatiques, ces régions deviennent chaudes, tendues et douloureuses. Des réactions analogues, bien qu'invisibles, s'établissent autour des tubercules contenus dans les organes profonds.

Grâce à la réaction générale présentée par les malades, M. Koch a pensé que son remède pourrait servir de pierre de touche, quand le diagnostic de la tuberculose serait difficile à poser par les moyens ordinaires.

Grâce à ses effets locaux, le remède exercerait une action curative; il ne tuerait pas les bacilles, mais mortifierait le tissu tuberculeux vivant. La guérison ne sera donc entière que si le tissu tuberculeux nécrosé est éliminé de l'organisme. L'élimination aura lieu d'elle-même, lorsque les tubercules occuperont la peau ou les muqueuses; lorsqu'ils occuperont le poumon, il faudra viser à augmenter l'énergie et la rapidité de l'expectoration; lorsqu'ils seront véritablement emprisonnés dans les tissus, on devra au besoin les extirper.

M. Koch a terminé cette communication en posant autant

que possible les indications de son remède ; une prompte application, près du début de la maladie, telle est la meilleure condition de succès.

L'auteur a encore parlé du mode d'administration du remède, mais du remède lui-même, il se borna à indiquer les caractères physiques.

Malgré ces réserves sur la nature du nouveau médicament et l'expérience restreinte que l'on possédait sur son action, on eut de tous côtés le plus ardent désir de voler sur les traces de M. Koch. Un grand enthousiasme se manifesta parmi les malades et les médecins. On se rendit à Berlin ; on demanda de la *lymphe* (car tel est le nom qui fut donné au remède) de tous les points du globe, et bientôt un nombre considérable de traitements fut institué un peu partout.

Les résultats furent loin d'être toujours satisfaisants. Plusieurs terminaisons fatales furent imputées au remède. A l'enthousiasme succéda une certaine défiance. On se demanda même si les médecins n'encouraient pas une lourde responsabilité à faire usage d'un remède secret.

Le silence obstiné de M. Koch, dont la cause remontait disait-on au gouvernement prussien, était sévèrement apprécié dans le monde scientifique.

Ces considérations diverses nous ont probablement valu une troisième communication, à la date du 14 janvier 1891.

M. Koch a fait savoir que le remède à l'aide duquel il avait institué le nouveau traitement curatif de la tuberculose est un extrait glycériné tiré des cultures pures du bacille de cette maladie. Le principe actif est une substance azotée précipitable par l'alcool, différant des toxalbumines par sa résistance aux températures élevées ; il forme environ $\frac{1}{100}$ de la solution glycérinée. Celle-ci est un liquide limpide, brunâtre, que l'on étend en proportions diverses dans une solution phéniquée à 0,5 pour 100.

Le liquide dilué doit être employé en injections sous-cutanées.

On commence par des injections de 1/2 à 1 milligramme par jour, selon le cas et la taille des sujets. On élève graduellement la dose à un ou deux jours d'intervalle, jusqu'à ce que, malgré des doses relativement fortes, on ne voie plus apparaître de réactions générales. La médication peut être suspendue et reprise plusieurs fois de suite au bout d'un certain temps.

Dans la même communication, M. Koch raconte les observations qui l'ont amené à faire sa découverte, et le mode suivant lequel la lymphe produit les phénomènes généraux et locaux que nous avons décrits. En outre, il expose qu'il a vérifié sur cent cinquante malades environ la puissance curative et la valeur diagnostique du remède, telles qu'il les avaient énoncées antérieurement.

Les assertions de M. Koch ne changent rien à l'état actuel de la question pratique. A Berlin même, les appréciations sur la valeur curative de la lymphe sont fort divergentes. Les renseignements que nous avons recueillis autour de nous, auprès des médecins et des chirurgiens qui ont fait usage du remède ne diffèrent pas de ceux qui nous parviennent des autres villes de l'étranger.

Les chirurgiens ont obtenu, je ne dirai pas des guérisons complètes, mais des résultats quelquefois satisfaisants ; ils ont rarement eu à déplorer l'usage du remède. Quant aux médecins, ils ont rarement eu à s'en louer ; tandis que, le plus souvent, ils ont noté une précipitation dans l'évolution habituelle de la maladie.

Faut-il, en cette occurrence, se ranger exclusivement à l'opinion des pessimistes ou des optimistes ?

Il nous paraît plus rationnel d'examiner froidement la découverte de M. Koch à la lumière des faits acquis sur l'histoire de la tuberculose.

Cette étude, toute théorique qu'elle soit, nous permettra peut-être de saisir les liens qui rattachent le traitement de M. Koch aux notions bactériologiques que nous possédons déjà, de dire en quoi elle en diffère et de prévoir, dans une certaine mesure, les résultats que l'on peut attendre de son application.

II

M. Koch nous apprend que « *le remède à l'aide duquel il a institué le nouveau traitement curatif de la tuberculose est un extrait glycériné tiré des cultures pures du bacille de la tuberculose.* »

Au mois d'août, à l'ouverture du congrès de Berlin, il nous disait : « *J'ai trouvé des substances qui arrêtent le développement des bacilles, non seulement dans les tubes à culture, mais encore dans l'organisme des animaux. Toutes les expériences sur la tuberculose sont excessivement longues. . . . . Un résultat est acquis pourtant : le cochon d'Inde, animal excessivement sensible à la tuberculose,* DEVIENT RÉFRACTAIRE *lorsqu'on le traite par une de ces substances à l'inoculation du virus tuberculeux.* »

« *Cette même substance* ARRÊTE COMPLÈTEMENT LE PROCESSUS MORBIDE, *lorsqu'on l'injecte à un cobaye arrivé déjà à un degré avancé de tuberculose et cela sans inconvénient aucun pour l'organisme.* »

M. Koch est donc parvenu à procurer l'immunité contre la tuberculose et à déterminer l'arrêt ou la rétrogradation du processus tuberculeux à l'aide des sécrétions amorphes et solubles du protoplasma du bacille de la tuberculose, car nous pensons qu'il y a identité entre la substance dont il a parlé au congrès et celle qu'il a préconisée comme remède.

Envisagée au point de vue de la production de l'immunité,

cette découverte, malheureusement, n'enrichit pas la science d'une méthode nouvelle. Elle est une simple extension et une application d'une méthode générale dont l'origine est particulièrement française. Cette méthode s'est effectivement constituée peu à peu par les travaux de Toussaint, de MM. Chauveau, Pasteur, Charrin, Roux et Chamberland, Chantemesse et Widal, parmi lesquels il faut intercaler les observations faites à l'étranger par M. Ferran et MM. Salmon et Smith.

On objectera peut-être que M. Koch n'utilise pas tous les produits fabriqués par son bacille, mais seulement la partie précipitable par l'alcool et soluble dans la glycérine. Nous ferons remarquer que M. Koch a obtenu des résultats suffisants avec des cultures simplement délayées où les microbes avaient été détruits par la chaleur.

Au surplus, il y a déjà plusieurs années que M. Bouchard a introduit en France l'idée d'une distinction entre les sécrétions microbiennes : les unes étant vaccinantes, les autres non vaccinantes et même parfois favorisantes ; distinction appuyée depuis par les travaux de MM. Charrin, Roger, Arnaud, Courmont.

Toutefois, on s'abuserait si l'on admettait que la substance vaccinante de tous les microbes dût se trouver toujours dans la partie précipitable par l'alcool. Nous avons montré depuis longtemps que la portion précipitée par l'alcool des cultures du *Pneumobacillus liquefaciens bovis* est phlogogène et non vaccinante ; M. Gamaleïa a fait la même observation sur les cultures des microbes du choléra, etc.

Nous faisons cette remarque pour l'édification des personnes qui, incitées par l'exemple et les paroles de M. Koch, chercheraient « *à appliquer encore aux autres maladies les principes qui ont servi de base à sa découverte.* » Il ne faudra pas toujours chercher servilement dans le précipité alcoolique ou dans l'extrait glycériné, ne pas toujours chauffer inconsidéré-

ment; le principe utile pouvant être ailleurs ou pouvant redouter vivement la chaleur.

Envisagé au point de vue des effets curatifs, le procédé de M. Koch n'a pas jusqu'à présent d'analogue en bactériologie. Il est impossible de lui comparer la prévention de la rage après morsure. Il se rapproche des médications spécifiques antivirulentes, comme celles qui sont dirigées contre la syphilis; car, comme celles-ci, il détermine la disparition graduelle ou tout au moins la diminution de lésions matérielles tégumentaires ou parenchymateuses.

III

On a manifesté une certaine surprise en présence des effets locaux engendrés par l'extrait glycériné des cultures du bacille tuberculeux. Cependant, tout n'est pas nouveau dans ces effets caractérisés par la genèse d'un travail inflammatoire et nécrosant à la périphérie des tissus tuberculeux. Nous avons effectivement démontré, il y a quelques années, que les sécrétions amorphes du *Pneumobacillus liquefaciens bovis* et leur partie précipitable par l'alcool pouvaient engendrer des phénomènes inflammatoires dans le tissu conjonctif. Depuis, des propriétés analogues ont été observées par M. Christemas et d'autres bactériologistes dans les sécrétions de quelques microbes.

Nous rappellerons encore que nous avons fait connaître, sous le nom de *bacillus heminecrobiophilus,* un microorganisme qui hâte la marche du travail destructeur dans un organe en voie de nécrobiose par suite de la suppression de sa circulation sanguine, propriété qu'il communique au bouillon dans lequel il a végété, et que l'on retrouve dans le dépôt blanchâtre déterminé dans le bouillon de culture filtré par l'action de l'alcool.

Les effets phlogogènes et nécrosants de la lymphe de Koch ne sont donc pas sans analogue dans la science. Seulement, on n'avait jamais signalé d'élection comparable à celle que manifeste la lymphe antituberculeuse pour les tissus tuberculeux.

Afin d'expliquer cette action élective, M. Koch a supposé que son extrait de cultures tuberculeuses renferme des substances nécrosantes semblables à celles que les bacilles sécrètent au sein des tubercules et qui entraînent la mortification graduelle des cellules constituantes du tubercule.

Si, dit-il, « *on augmentait artificiellement la richesse du tissu tuberculeux en substance nécrosante, la nécrose s'étendrait alors davantage et les conditions de nutrition deviendraient ainsi beaucoup plus défavorables pour le bacille qu'elles ne le sont d'habitude.* »

Cette hypothèse reposant sur l'addition pure et simple d'une substance nécrosante à celle qui diffuse autour des tubercules est difficile à admettre. On provoque déjà des effets marqués en injectant 1 à 2 milligrammes de lymphe. Or, que peut être, en pareil cas, la quantité de matière nécrosante qui vient s'additionner à celle des tubercules, lorsqu'on songe que cette dose très minime se dilue dans 21 kilogrammes de liquide (5 kilogrammes de sang et 16 kilogrammes de lymphe) chez un homme de taille moyenne ? De plus, on ne comprendrait pas dans cette hypothèse que l'action nécrosante allât en diminuant, malgré une élévation progressive de la dose, dans une série d'inoculations successives.

Bien plus, on peut se demander si la substance est nécrosante par elle-même. Car, si elle jouit de cette propriété quand elle est diluée pour ainsi dire à l'infini, pourquoi ne la manifeste-t-elle pas au point d'inoculation où elle arrive au contact des éléments anatomiques à un degré de concentration beaucoup plus élevé ?

Lorsqu'on ignorait la composition du remède et qu'on le supposait étranger au bacille tuberculeux, on pouvait songer à la formation d'une substance phlogogène et nécrosante par l'association de la matière injectée avec les sécrétions qui s'échappent d'un tubercule.

Aujourd'hui, cette hypothèse est moins rationnelle et pourtant elle nous semble plus vraisemblable que la théorie de l'addition. Toutefois, il faut la concevoir d'une autre manière.

Par exemple, en supposant que la sécrétion des bacilles perd une partie de ses propriétés par épuisement en traversant la zone superficielle des tubercules et que l'arrivée d'une minime quantité de produits de culture dans cette région la reconstitue plus ou moins à son état primitif.

Nous nous garderons d'attacher un très grand prix à cette explication. Nous sommes entré dans quelques développements à ce sujet pour démontrer la nécessité de chercher le véritable mécanisme des effets électifs du remède de M. Koch.

Quant au mécanisme des effets curatifs, il reposerait entièrement, d'après M. Koch, sur les conséquences du travail nécrobiotique.

« *Les tissus devenus nécrosiques dans une étendue plus* « *grande,* dit M. Koch, *se désagrégeraient, se détacheraient* « *et entraîneraient avec eux les bacilles inclus, partout où* « *les circonstances le permettraient, pour les éliminer au* « *dehors...... C'est précisément dans sa puissance à provoquer* « *de telles modifications que consiste à mon sens l'action du* « *remède.* »

Tout en regardant l'action nécrosante du remède comme indiscutable, nous pensons que M. Koch néglige à tort l'influence phlogogène dans le mécanisme de la curation. La phlogose pérituberculeuse s'accompagne d'une abondante diapédèse de cellules migratrices. Celles-ci doivent s'attaquer

aux éléments nécrosés du tubercule, les englober et les faire disparaître, comme elles font disparaître les granulations en lesquelles se résolvent les éléments anatomiques qui meurent dans l'organisme.

En effet, sous l'action du remède, on voit des masses tuberculeuses ganglionnaires diminuer considérablement de volume (nous en avons observé un bel exemple dans le service de M. Poncet, à l'Hôtel-Dieu de Lyon), phénomène incompréhensible en dehors de l'influence que nous voulons mettre en évidence.

L'intervention des cellules migratrices expose simultanément à la dissémination des bacilles tuberculeux. Nous dirons plus loin dans quelles conditions cette dispersion peut offrir des dangers.

IV

Examinons maintenant les faits qui conduisirent M. Koch à sa découverte ; discutons-les et tâchons d'en tirer des conclusions applicables à la prévention et à la curation de la tuberculose.

A) M. Koch aurait établi expérimentalement la non-récidive de la tuberculose. Ce fait considérable ressort de l'exposé suivant :

Lorsqu'on réinocule une culture pure de bacilles de la tuberculose à un cobaye préalablement infecté et avec succès depuis quatre ou six semaines « l'animal, dit M. Koch, présente au début l'agglutinement de la petite plaie d'inoculation, mais il ne s'y forme point de nodule, et dès le premier ou le second jour, on voit se produire au point d'inoculation une altération toute particulière. Cette région devient dure et prend une coloration plus foncée ; d'ailleurs, cette altération ne se limite pas exclusivement au lieu de l'inoculation, mais

s'étend à la région voisine, jusqu'à une distance d'un demi à 1 centimètre. Durant les jours suivants, on constate de plus en plus nettement que la peau ainsi altérée présente les caractères nécrosiques; elle est entièrement éliminée, et il reste alors une surface ulcérée, dont la guérison se fait habituellement d'une manière rapide et durable, sans que les ganglions lymphatiques voisins soient infectés.

« Ainsi, les bacilles de la tuberculose inoculés exercent sur la peau d'un cobaye sain une action toute différente de celle qu'ils produisent sur la peau d'un cobaye tuberculeux. » *(Semaine médicale,* 16 janvier 1891.)

Les phénomènes observés par M. Koch ressemblent à ceux que l'on relève sur certains syphilitiques en proie à une nouvelle infection, phénomènes que nous rappelaient dernièrement M. Diday et M. Dron.

Il nous est bien difficile de glisser sur les résultats de cette expérience, attendu qu'en 1887 nous avons publié des faits qui semblent contredits par ceux de M. Koch.

Il s'agissait alors de démontrer la réinoculabilité de la tuberculose. M. Charrin avait conseillé de chercher les bacilles spécifiques dans les parois des ulcères tuberculeux produits sur les cobayes par une seconde inoculation. De notre côté, après avoir étudié le mode de propagation des lésions tuberculeuses consécutives à l'inoculation sur le lapin et le cobaye, nous avons proposé de choisir ce dernier animal pour établir la réinoculabilité et de procéder sur lui à une inoculation dans un point opposé au siège de la première infection.

La généralisation tuberculeuse s'établit la seconde comme la première fois dans le système lymphatique dont les ganglions se tuméfient de proche en proche.

Nous venons de consulter notre ancien cahier de notes; nous y relevons quatre expériences de réinoculation de la tuberculose humaine sur plus de vingt cobayes. Toutes furent

entièrement positives, c'est-à-dire que ces cobayes présentèrent des ganglions tuberculeux à l'aine, aux lombes, consécutifs à la première inoculation faite à la cuisse, et des ganglions tuberculeux à la base de l'oreille et près de la pointe de l'épaule, déterminés par la seconde inoculation faite sous la peau en arrière du cartilage conchinien.

Ce n'est pas tout.

A la suite des expériences où nous avons prouvé :

1° Que les scrofules sont moins tuberculisantes que les tuberculoses viscérales ;

2° Que les premières infectent seulement le cobaye, tandis que les secondes tuberculisent le cobaye et le lapin.

Nous avons cherché à créer l'immunité chez le lapin, à l'aide des tuberculoses humaines atténuées prises directement sur l'homme, ou après leur passage sur le cobaye, mais nous n'avons pas réussi.

Aussi, au congrès pour l'étude de la tuberculose, en 1888, avons-nous lancé une note désespérante à ce sujet. « Si le bacille actif se montre impuissant à vacciner l'organisme contre lui-même, comment pourra-t-on compter sur ce résultat en inoculant un bacille atténué ? Celui-ci causera peut-être des lésions locales moins prononcées, peut-être suppureront-elles rapidement (1) au lieu de revêtir la forme habituelle des accidents tuberculeux. Mais ce n'est pas là le but vers lequel on doit tendre. L'objectif véritable est de diminuer ou de supprimer la réceptivité des animaux pour le bacille de Koch. »

Dans cet état d'esprit, je conseillai alors de créer l'immunité par une sorte de bactériothérapie, en s'inspirant des antipathies morbides révélées par la vieille observation clinique.

(1) Nous ne nous doutions pas que nous nous trouverions plus tard d'accord avec M. Koch sur les propriétés pyogènes du bacille tuberculeux mourant.

En d'autres termes, l'inoculation du virus tuberculeux puisé directement dans des lésions humaines n'a jamais paru entre nos mains augmenter la résistance du cobaye aux effets du même virus, tandis que les cultures pures de bacilles auraient, entre les mains de M. Koch, créé une résistance qui a toutes les allures d'une immunité.

Ce n'est pas la première fois que la microbie moderne démontre la possibilité de conférer l'immunité contre une maladie réputée jusqu'alors inattaquable par ce moyen. M. Straus, par exemple, a réussi à prémunir le chien contre l'affection morveuse.

Bien que le fait avancé par M. Koch soit en contradiction avec des expériences antérieures, il n'y a donc pas lieu de douter de sa réalité.

Toutefois, nous avons le droit de nous demander pourquoi les cobayes admirablement tuberculisés par nous ne révélèrent pas trace d'immunité, lorsque nous les éprouvions avec le même virus quatre ou six semaines après la première inoculation.

L'animal étant le même dans les expériences de Berlin et de Lyon, nous nous plaisons à trouver la différence des résultats dans l'activité de la matière infectante. Nous imaginons que dans les cultures pures de M. Koch le bacille s'atténue au point de pouvoir infecter le cobaye vierge, mais d'être incapable de vaincre la faible résistance que le cobaye acquière par une première tuberculisation. Ou bien, il faut croire que la culture exagère les propriétés vaccinantes des bacilles au détriment de leur pouvoir tuberculisant, ce qui est moins simple.

Par conséquent, nous avons probablement créé une certaine immunité dans toutes nos expériences; mais nous n'avons pas pu la constater, parce que notre virus d'épreuve n'était pas aux degrés d'affaiblissement convenables pour respecter uo

tuberculiser partiellement les espèces qui servaient à nos cultures.

D'ailleurs, depuis la communication faite au congrès de Berlin, on a signalé en France à plusieurs reprises l'immunité contre la tuberculose aviaire. MM. Grancher et H. Martin ont obtenu une série de cultures inégalement virulentes. [illegible] une culture [illegible] à [illegible] contre la culture immédiatement plus active. Deux de nos élèves, MM. Roux et Courmont, ainsi que MM. Ch. Richet et Héricourt ont montré que les produits dissous dans une culture de tuberculose aviaire donnaient au lapin l'immunité contre les bacilles de cette culture.

Les bacilles dont MM. Roux et Courmont ont étudié les produits solubles se sont fait remarquer par une particularité curieuse de leur virulence. Inoculés dans les veines du lapin, ils ont rapidement déterminé des lésions articulaires que M. [illegible] et M. [illegible] ont regardées comme de superbes spécimens de tuberculoses chirurgicales ou locales.

[illegible] nous concluons que les bacilles d'une espèce [illegible] et [illegible] l'immunité suivant des individus à virulence [illegible].

On nous opposera peut-être les idées de M. Koch sur la scrofule et la tuberculose locale, savoir que ces dernières résultent d'une diminution du nombre et non d'une atténuation des bacilles.

Mais nous avons réfuté ces idées dans un précédent travail.

Nous rappellerons que les bacilles d'une tuberculose locale peuvent se multiplier considérablement dans l'organisme d'un cobaye et ne pas changer de virulence. Si les bacilles sont rares dans une tuberculose locale, c'est parce qu'ils sont atténués. Ils y sont [illegible] plus facilement que dans les tuberculoses généralisées.

En résumé, *on peut donc créer l'immunité à un faible degré contre la tuberculose,* et donner à l'économie une résistance qui lui permet de triompher quelquefois des bacilles tuberculeux atténués. Il est probable qu'une immunité analogue résulte de l'évolution de la tuberculose chez l'homme ; mais elle ne parvient à restreindre la maladie et à prévenir sa généralisation que dans les cas où la virulence des bacilles est affaiblie.

La protection que l'on peut en attendre est en raison inverse de la virulence dans la lésion primitive.

B) Guidé par les considérations précédentes, nous allons rechercher les cas où le remède de M. Koch offrira des chances de succès.

Nous estimons que les injections ajoutent peu à l'immunité dont jouissent les tuberculeux, car celle-ci est toujours très faible. Notre attention doit donc se concentrer sur les effets locaux.

M. Koch reconnaît que les bacilles ne sont pas rapidement détruits sous l'influence du remède. Par conséquent, en attendant que les masses tuberculeuses nécrosées soient éliminées au dehors, elles sont attaquées et dispersées plus ou moins avec leurs bacilles par l'action des cellules migratrices que la congestion accumule autour d'elles.

Si l'on a affaire à une tuberculose atténuée, les bacilles ne pourront pas se réimplanter et engendrer ailleurs de nouveaux foyers, parce qu'ils se dissémineront dans un organisme prémuni d'une manière suffisante pour résister à leur virulence, comme dans l'expérience de M. Koch sur le cobaye.

Mais si l'on a affaire à une tuberculose virulente, l'immunité sera inefficace, et l'on assistera à la formation de nouvelles lésions comme dans nos expériences sur le cobaye et chez certains tuberculeux soumis au traitement et dont l'autopsie a été faite par M. Virchow.

La théorie enseigne donc que le traitement de M. Koch devrait être dirigé surtout contre les tuberculoses chirurgicales.

Il est remarquable que d'ores et déjà la pratique semble se mettre d'accord avec la théorie. Jusqu'à ce jour, ce sont les chirurgiens qui ont obtenu les résultats les plus encourageants. On peut même ajouter que plus la virulence des lésions tuberculeuses passe pour affaiblie, plus les effets curatifs du traitement ont été satifaisants.

Cependant, quelques cas de tuberculose pulmonaire pourraient être amendés par les injections de Koch : ce sont les cas de tuberculose commençante où les bacilles virulents sont si rares qu'ils peuvent être anéantis par les cellules migratrices qui fourmillent dans la région malade, et les cas où les lésions, quoique pulmonaires, se rattachent à la présence de bacilles aussi atténués que dans les masses scrofuleuses.

Nous n'insistons pas, tant la chose est simple, sur les contre indications d'un remède qui précipite la désintégration dans des masses caséeuses pulmonaires abondantes et congestionne violemment les parois de cavernes toujours prêtes à saigner.

L'usage de la lymphe de Koch est donc subordonné dans une large mesure au degré de virulence des lésions tuberculeuses. Malheureusement, il nous est difficile de préjuger de cette virulence par les caractères cliniques. Ainsi, les tuberculoses chirurgicales qui nous paraissent justiciables du traitement forment une gamme ascendante de virulence, depuis celle de la scrofule jusqu'à celle de la tuberculose viscérale. De sorte qu'il faut s'attendre à obtenir des résultats différents lorsqu'on leur opposera les injections de lymphe.

Conséquemment, tous les efforts devraient tendre à apprécier le degré d'atténuation sur le malade. Dans ce but, nous avions préconisé autrefois l'inoculation au cobaye et au lapin.

Ce procédé n'est guère applicable qu'aux cas où les tuberculoses chirurgicales laissent écouler du pus ; mais rien n'empêcherait d'inoculer les crachats dans certaines phtisies.

Comme il faut songer à tirer parti de tout, on ferait bien d'étudier à ce point de vue les réactions déterminées par le remède. On sait déjà qu'elles ne sont pas uniformes. Il importerait de chercher si les différences qui nous semblent aujourd'hui confuses ne sont pas liées à la virulence des bacilles édificateurs de la tuberculose.

L'atténuation ! telle est à notre avis la condition implicitement souhaitée par M. Koch, parmi celles qu'il regarde comme favorables à « l'action curative incontestable » de son remède, à la fin de sa conférence du 14 janvier 1891.

NOTES

SUR

UN SÉJOUR A L'OBSERVATOIRE

DU PIC DU MIDI

PAR

M. Ch. André
Directeur de l'Observatoire de Lyon.

J'ai déjà signalé à l'Académie (1) les singularités optiques qui se présentent dans l'observation des passages et occultations des satellites de Jupiter ou des occultations d'étoiles par la Lune et je lui ai indiqué comment j'ai cherché à démontrer, par la méthode expérimentale aussi bien que par l'observation directe, qu'elles étaient une conséquence immédiate de la forme donnée aux surfaces de l'objectif employé, et devaient être attribuées au mode de propagation des ondes lumineuses dans l'instrument d'observation.

L'étude expérimentale de ces phénomènes faite dans notre grande chambre noire fut, en effet, absolument démonstrative; mais l'observation directe faite à l'Observatoire de Lyon n'a

(1) Ces quelques notes sur mon séjour au Pic du Midi ont été lues devant l'Académie des Siences, Belles-Lettres et Arts de Lyon, dans sa séance du 24 février 1891.

peut-être pas eu le même caractère de netteté. En particulier, pour ce fait curieux de la visibilité des satellites à travers l'image focale de la planète, mes conclusions avaient été déduites d'un ensemble d'observations, donnant chacune une portion du phénomène; et, la description complète de ces apparences singulières résultait, pour ainsi dire, de l'intégration de ces observations isolées (1).

L'examen des mêmes faits dans une station élevée, où par suite de la suppression au-dessus de l'observateur d'une fraction considérable de notre atmosphère, les images des astres sont beaucoup plus lumineuses et plus nettes, offrait évidemment un moyen de diminuer, dans une grande mesure, les difficultés inhérentes à ce sujet. Aussi, ai-je pensé qu'une série d'observations spécialement installées dans ce but, au sommet du Pic du Midi, à 3,000 mètres environ au-dessus du niveau de la mer, permettrait d'apporter à la solution de ces questions une contribution importante; et comme, pour le contrôle même des apparences observées, il convenait que deux observateurs différents étudiassent simultanément les mêmes phénomènes, j'avais prié M. Marchand de vouloir bien m'assister.

A. — Études astronomiques.

Nous nous sommes servis des instruments suivants :

1° Une lunette de 6 pouces, construite à cet effet par M. Gautier; son objectif, dû à MM. Henry, répond au pouvoir optique dit théorique et donne nettement, au sommet du Pic du Midi, un anneau de diffraction autour du disque des étoiles de sixième grandeur.

(1) *Comparaison des effets optiques des grands et petits instruments d'astronomie*, par M. Ch. André. Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon, vol. XXXI, 1889.

2° Un équatorial de 8 pouces provenant du matériel de la Commission du passage de Vénus, appartenant à l'Observatoire du Pic du Midi et gracieusement mis à notre disposition par le Directeur de cet établissement, M. Vaussenat, qui n'a d'ailleurs cessé de nous prêter son plus bienveillant concours. Dans la plupart des cas, nous avons diaphragmé cette lunette de façon à réduire à 0^m145 l'ouverture de son objectif.

Trois problèmes principaux nous préoccupaient.

1° Le ligament lumineux qui se produit, au voisinage du contact externe, entre Jupiter et l'un de ses satellites, lors d'un passage ou d'une occultation, est-il absolument semblable à celui que nous avons étudié expérimentalement dans notre grande chambre noire ?

2° Lors d'une occultation d'un satellite par la planète ou d'une étoile par la Lune, aperçoit-on réellement, pendant un temps suffisamment long, le satellite à travers le bord de la planète, ou l'étoile à travers celui de la Lune ?

3° Pendant la durée de cette visibilité, peut-on, au moyen d'un écran approprié, ramener soit l'étoile, soit le satellite, à être en dehors de l'image de l'astre occultant ; et, lors d'un passage, le même écran permet-il de supprimer le ligament lumineux qui l'accompagne ?

Nous traiterons successivement chacun de ces problèmes en donnant le résumé des meilleures observations qui y correspondent.

I. — Ligament lumineux.

L'observation que je citerai est du 1 septembre; elle se rapporte à un passage du satellite I (entrée). Les images sont extraordinairement bonnes, parfaitement calmes, très nettes, bien définies et remarquablement lumineuses, si bien que les

phénomènes nous ont apparu avec une netteté comparable à celle que nous donnent nos expériences dans la grande chambre noire de l'Observatoire.

Une liaison lumineuse entre Jupiter et son satellite commence à se former, à $23^h\ 26^m$ avec la lunette de 6 pouces et à $23^h\ 23^m$ avec la lunette de 8 pouces (diaphragmèe à 0^m145), ligament qui augmente progressivement d'intensité et de largeur. Son éclairement n'est d'ailleurs pas uniforme, comme dans les expériences faites dans la chambre noire, mais il va en diminuant depuis le bord du satellite jusqu'à celui de Jupiter, si bien qu'à un moment donné le disque plus brillant du satellite paraît tangent au bord moins brillant de Jupiter, tout en lui étant réuni, de part et d'autre du point de contact, par le ligament lumineux dont nous venons de parler.

C'est cet instant que nous avons adopté pour moment du contact externe, et nous l'avons noté à $23^h\ 28^m\ 5^s$ avec la lunette de 8 pouces, et à $23^h\ 29^m\ 4^s$, avec le 6 pouces. Après ce moment, le satellite, qui a toujours conservé l'apparence d'un petit cercle bien terminé, est resté visible sur le disque même de Jupiter jusque vers $24^h\ 3^m$.

Quoique l'aspect sous lequel se présentent ces passages dans les conditions ordinaires d'observation soit bien différent de celui que nous venons de décrire, ce défaut d'uniformité dans l'éclairement du ligament et la sensation assez nette de contact géométrique qui en résulte, sont importants à signaler aux observateurs, la transformation du premier de ces aspects dans le dernier devant évidemment être absolument graduelle et se produire au fur et à mesure que, le pouvoir absorbant de l'atmosphère diminuant, les différences d'éclat des bords des deux astres deviennent plus sensibles.

Quant à la différence d'aspect entre l'observation directe et l'observation artificielle, elle tient à ce que dans cette dernière

les disques lumineux dont nous nous servons pour représenter Jupiter et son satellite sont tous deux uniformément éclairés et ont de plus le même éclairement, tandis que, dans la réalité, le satellite seul est uniformément éclairé, la planète Jupiter étant au contraire beaucoup moins lumineuse sur les bords que sur le reste du disque.

Je ferai remarquer en outre que les heures du contact externe d'entrée trouvées aux deux lunettes vont en croissant avec les ouvertures des instruments employés, ainsi que je l'avais déjà annoncé (1).

Les occultations des satellites, soit à l'entrée, soit à la sortie, présentent le même ligament que les passages.

II. — Phénomènes de visibilité.

a) Avec les satellites de Jupiter. — Voici l'observation de l'occultation du satellite I (immersion) du 26 août : à $18^h\ 36^m\ 1^s$, avec le 8 pouces diaphragmé, on voit le premier bord du satellite en contact avec le bord occidental de Jupiter ; à $18^h\ 40^m\ 1^s$, la moitié environ du satellite paraît seule en dehors de la planète, tandis qu'en même temps l'autre moitié est nettement visible sur sa partie marginale.

A $18^h\ 43^m\ 6^s$, le second bord du satellite paraît à son tour en contact avec le même bord de la planète, et le phénomène s'étant développé d'une façon continue, le satellite apparaît maintenant tout entier sur celle-ci en s'y projetant comme un disque lumineux *parfaitement blanc.* Ce disque lumineux diminue d'ailleurs bientôt graduellement d'intensité, si bien qu'il a disparu complètement à $18^h\ 45^m$.

Les phénomènes ont été identiquement les mêmes à la lunette de 6 pouces.

(1) *Sur les passages des satellites de Jupiter*, par M. Ch. André. Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, vol. cvii, p. 216 et 615.

J'ajouterai que ces observations ont été faites au milieu d'une éclaircie de neige, par un vent violent qui parfois déplaçait nos lunettes malgré les abris qui les protégeaient ; néanmoins les images des astres étaient bonnes et tranquilles dans le plan focal.

En outre, lors d'une autre occultation (I, immersion) du même satellite, le 2 septembre, par un temps très calme, les mêmes phénomènes de visibilité ont été observés. D'ailleurs, le ciel étant alors parsemé de cirrus, les images étaient moins lumineuses que le 26, et moindre aussi la durée de la visibilité.

b) Avec les occultations d'étoiles. — Le 2 septembre, par un temps très calme, avec le 8 pouces diaphragmé, le disque de l'étoile 64 Baleine (sixième grandeur), paraît être en contact extérieur avec le bord lumineux de la Lune à $21^h\ 23^m\ 2^s$, pour disparaître instantanément à $21^h\ 23^m\ 7^s$; mais auparavant l'étoile, visible tout d'abord en partie, puis entièrement sur la portion marginale de la lune, était nettement et constamment observable dans son déplacement par rapport à celle-ci.

Le même jour, avec la lunette de 6 pouces, l'étoile ϵ_1' Baleine (cinquième grandeur) paraît bissectée par le bord de la Lune à $22^h\ 25^m\ 22^s$; à $22^h\ 25^m\ 23^s\ 9$, elle disparaît instantanément après avoir été, comme plus haut, nettement observable, quoique un peu moins longtemps, sur le disque de notre satellite (le ciel s'était pendant l'intervalle chargé de vapeurs et était parcouru par des cirrus).

Remarque.— Il convient de remarquer la différence entre la disparition graduelle des satellites de Jupiter et la disparition instantanée des étoiles derrière la Lune. On doit en conclure que les phénomènes de diffraction n'ont aucune influence sur le moment que l'on doit noter comme caractérisant l'occulta-

tion d'une étoile, tandis qu'au contraire ils contribuent à rendre absolument incertaine l'appréciation du moment de la disparition d'un satellite de Jupiter, lors de son occultation par cette planète.

III. — Emploi d'un écran.

c) Ligament. — Le ligament lumineux disparaît toujours si l'on couvre l'objectif d'un écran en treillis simple. Ainsi, le 2 septembre, observant le passage du satellite III (entrée) avec la lunette de 6 pouces, armée d'un grossissement de 200, j'ai pu, à partir de l'apparition du ligament, à $22^h\ 46^m\ 4^s$, jusqu'au contact externe que j'ai noté à $22^h\ 50^m\ 9^s$, supprimer à cinq reprises successives, au moyen de cet écran, toute liaison lumineuse entre le satellite et la planète; les bords des images des deux astres devenaient d'ailleurs beaucoup plus nets, leur distance apparente plus grande et l'intervalle qui les séparait identique comme teinte au fond voisin du ciel.

De même le 19 août, lors du passage (sortie) de ce même satellite III (la lunette et le grossissement sont les mêmes), le contact externe ayant été noté à $19^h\ 1^m\ 2^s$, la liaison lumineuse qui existe encore entre le satellite et la planète à $19^h\ 3^m\ 6^s$ est immédiatement remplacée par un intervalle noir, si l'on recouvre l'objectif avec l'écran qui précède, pour réapparaître aussitôt qu'on l'a enlevé.

Remarque. — Avec un écran en réseaux, de $1^{mm}5$ de largeur pour les anneaux vides et pleins, le ligament a toujours été considérablement réduit et très atténué, sans cependant disparaître complètement.

d) Visibilité. — Le 2 septembre, pendant l'occultation de l'étoile 64 Baleine déjà citée, l'écran amené brusquement en avant de l'objectif à $21^h\ 23^m 6^s$, c'est-à-dire une seconde avant

sa disparition, fait apparaître l'étoile comme un petit point brillant sensiblement en contact avec le bord de la Lune, mais en dehors de celui-ci, qui est d'ailleurs rendu beaucoup plus net.

IV. — Conclusion.

L'ensemble de ces observations me paraît décisif. L'aspect si particulier du ligament lumineux qui relie Jupiter à ses satellites; la suppression complète, ou encore l'atténuation considérable de ce ligament au moyen d'écrans, dont les théories optiques assignent le rôle; la propriété, d'ailleurs prévue, de ces mêmes écrans de montrer que les étoiles, lors de leur visibilité sur le disque lunaire pendant les occultations, lui sont réellement extérieures, constituent un faisceau de preuves démonstratif en faveur de l'origine instrumentale de ces apparences à la fois curieuses et surprenantes, et indiquent en même temps la voie à suivre pour se garantir contre les erreurs qu'elles peuvent amener.

On trouve en outre, dans la constatation des phénomènes qui précèdent, une preuve, indirecte il est vrai, mais absolument nette de ce fait, dont les conséquences sont nombreuses et importantes pour l'astronomie d'observation, que la partie marginale de l'image focale d'un astre à diamètre apparent sensible est formée par une zone de lumière diffractée, n'ayant d'autre existence que celle que lui donne l'instrument d'observation, et dont l'étendue angulaire varie avec le diamètre de l'objectif employé.

B. — Phénomènes météorologiques.

En dehors des faits optiques qui précèdent, nous avons eu l'occasion d'observer un certain nombre de phénomènes météorologiques intéressants; j'en décrirai quelques-uns.

V. — PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES.

Aucun de nous n'a oublié les orages du 18 au 19 août dernier, dont les ravages ont été si grands, notamment en France à Dreux, Rennes et Saint-Claude : Au Pic du Midi aussi, cette période a été signalée par des phénomènes électriques remarquables, et de même ordre que ceux observés dans ces différentes localités (1).

Dans l'après-midi du 18, vers 3 heures, le sommet du Pic est, en effet, envahi presque brusquement par une masse de nuages opaques qui se résolvent bientôt en pluie et grêle, avec éclairs et tonnerre (2); après quoi, vers 5 heures 1/2, le ciel s'éclaircit : mais, toute la plaine, environnant le Pic se recouvre d'une couche de nuages, au sein de laquelle se continuent la pluie et l'orage, si bien qu'à 9 heures du soir, à de fréquents intervalles, des éclairs en jaillissent en plusieurs points bien au-dessous de nous.

Dans l'après-midi du 19 le temps redevient plus orageux que la veille, et toute la nuit du 19 au 20 n'est que pluie, tonnerre et grêle. Mais, ces météores n'ont pas été les seules manifestations de l'état électrique de l'atmosphère : pendant la nuit, de 2 à 4 h. surtout, les paratonnerres qui protègent l'Observatoire nous apparaissent en feu ; en particulier, le plus visible pour nous, celui qui est sur le saillant sud de la terrasse, à 30 mètres environ de la maison d'habitation, est illuminé depuis le haut jusqu'au bas, ainsi que les quatre haubans en fer maintenant le mât en bois qui lui sert de

(1) On consultera avec fruit, sur ce sujet, les intéressantes communications de MM. Faye, Wolf, Teisserenc de Bort et Flammarion, insérées dans *les Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, *la Nature* et *la Revue mensuelle d'Astronomie*.

(2) Le poids moyen des grêlons était de 7 grammes, et le plus grand nombre d'entre eux étaient transparents dans presque la moitié de leur volume.

support. A cette distance, on entend très nettement ce paratonnerre siffler d'une façon presque continue et l'on perçoit constamment une assez forte odeur d'ozone.

Ce n'est pas, en outre, la seule fois que nous ayons observé des faits analogues; ainsi, pendant la nuit du 28 août, par une neige continue et sans que l'on constatât ni éclairs ni tonnerre (1), les paratonnerres sifflent constamment et sont par intervalles surmontés de feux Saint-Elme à leur pointe.

Nous n'avons pu nous empêcher alors de nous rappeler que bien souvent, à l'Observatoire de Lyon, nous avons eu l'occasion, par chute de neige intense, de tirer des étincelles même assez longues des deux conducteurs de notre électromètre Mascart, et de rapprocher l'un de l'autre ces deux modes de manifestation d'un même fait : l'électrisation positive considérable de l'air au moment de certaines chutes de neige.

Voilà certes des faits bien remarquables et qui surpassent de beaucoup en intensité ceux que nous sommes accoutumés à observer.

VI. — Mer de nuages.

Il en est d'autres également curieux. Le 19 au matin, nous trouvons au-dessus de nous un ciel splendide, mais la plaine recouverte, tout autour du Pic et jusqu'aux limites de l'horizon, par une nappe blanche, neigeuse, moutonnée, mobile, réfléchissant vivement la lumière du soleil et donnant par la netteté de ses ombres, le brillant de ses dômes lumineux, l'illusion d'un immense glacier; c'est la partie supérieure d'une couche continue de nuages entourant le Pic au-dessus de la plaine et qu'on appelle la *Mer de nuages*. Ce phénomène n'est d'ailleurs point accidentel, car pendant notre séjour il a duré plus d'une semaine d'une façon continue.

(1) Nous avons constaté des éclairs le soir vers 8 heures et le matin vers 6 heures.

Çà et là, de cette mer de nuages émergent quelques-uns des pics de la chaîne des Pyrénées, qui permettent d'évaluer la hauteur de sa face supérieure ; le matin du 19, elle s'élevait jusqu'à 2,300 mètres environ, c'est-à-dire qu'elle était à 600 ou 700 mètres au-dessous de nous. D'autre part, les ascensions nombreuses faites par le personnel de l'Observatoire au travers de ces couches de nuages, permettent d'en apprécier l'épaisseur moyenne à 700 à 800 mètres. Ainsi, pendant qu'au sommet du Pic régnait un temps splendide, les habitants des plaines inférieures étaient renfermés sous cette espèce de cloche de vapeurs, cloche très étendue, relativement épaisse, sous laquelle ils recevaient souvent pluie et tonnerre, mais rarement un rayon solaire et toujours bien affaibli. Quelles différences entre ces deux climats ; et, comme après les avoir vues et étudiées, on comprend tout l'attrait qu'exerce sur nombre de personnes le séjour dans les hautes régions des montagnes.

Parfois, d'ailleurs, il se rassemble au-dessus du Pic une masse de nuages formant une couche qui elle aussi paraît continue, de sorte que l'observateur se trouve alors placé entre deux lits de nuages : l'un inférieur, qui est la mer de nuages que nous venons de décrire ; l'autre supérieur, qui serait la mer de nuages d'observateurs placés à une distance verticale suffisante. C'est ce qui nous est arrivé le 20 vers 6 heures du soir, où nous étions compris entre deux couches de nuages épais :

1° La mer de nuages à 400 mètres au-dessous de nous ;

2° Une couche profonde de cumulus supérieurs à 300 mètres environ au-dessus de nos têtes.

L'intervalle des deux masses de vapeurs, entre lesquelles nous étions alors pour ainsi dire renfermés, était donc d'environ 700 mètres.

VII. — Sécheresse de l'atmosphère.

Je tiens encore à citer un ensemble de conditions atmosphériques tout à fait remarquable: c'était dans la nuit du 1 au 2 du mois de septembre, la neige qui à partir du 24 août tombait chaque jour plus ou moins longtemps et qui depuis le 28 était presque continue, avait cessé dans la matinée du 31; le 1, à 5 heures du matin, le temps était beau, le soleil radieux, tandis que 20 centimètres de neige couvraient la terrasse de l'Observatoire, et que les environs du Pic, tout aussi bien que les sommets de la chaîne des Pyrénées visibles pour nous, disparaissaient sous un manteau de neige. Or, pendant la nuit qui suivit ce jour, l'humidité relative de l'air qui, à 7 heures du soir, était de 0,20 diminua progressivement et d'une façon sensiblement continue jusqu'à n'être plus que de 0,05 à 5 heures du matin; la température était alors de 1°4 au-dessous de zéro, tandis que le minimum de la nuit avait été de 5° au-dessous de zéro. Pendant cette nuit, l'humidité relative de l'atmosphère avait donc été toujours sensiblement nulle; et, d'autre part, la température de l'air étant toujours restée inférieure à zéro, on peut en conclure que la siccité de l'atmosphère avait été presque absolue. Telle est, selon nous, la raison pour laquelle les images des astres ont été pendant cette nuit remarquablement bonnes, ainsi que nous l'avons constaté plus haut.

C. — Desideratum.

VIII. — Station astronomique permanente.

Il convient d'ajouter que les conditions atmosphériques qui précèdent se représentent au sommet du Pic pendant un certain temps de chaque hiver. L'addition d'une station astro-

nomique à l'établissement météorologique, qui y existe maintenant et qui a déjà fourni tant de renseignements utiles, rendrait donc évidemment les plus grands services à l'astronomie physique.

Cette station ne devrait point d'ailleurs être semblable aux observatoires ordinaires. Il suffirait d'une grande chambre renfermant des abris fixes pour les lunettes et les instruments destinés à appliquer les différentes méthodes de cette science si féconde, chambre percée d'une ouverture permettant d'amener au point convenable les rayons lumineux réfléchis par le miroir d'un sidérostat et provenant des différents astres à étudier. Un abri pour le sidérostat constituerait toute la partie mobile de l'installation; la chambre des lunettes, qui pourrait être chauffée, servirait en même temps de cabinet d'observation et de laboratoire.

On aurait ainsi, à peu de frais, un Observatoire d'astronomie physique, placé dans des conditions d'observation absolument exceptionnelles, ouvert à toutes les recherches sans qu'il y ait lieu de faire pour chaque observation et pour chaque étude une installation nouvelle; et, en même temps, on augmenterait dans une proportion considérable le rendement scientifique du bel établissement que nous possédons au sommet du Pic du Midi.

ÉLÉMENTS

DU

MAGNÉTISME TERRESTRE

A LYON, EN 1890

PAR

M. Ch. ANDRÉ

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie les valeurs des éléments du magnétisme terrestre, à Lyon, pendant l'année 1890. Ces valeurs sont déduites des observations absolues faites symétriquement au 1 de chaque mois, et aussi près que possible de cette date, par M. Em. Marchand, qui est chargé du service magnétique à l'Observatoire de Lyon. Nous ne pouvons, d'ailleurs encore, obtenir que deux de ces éléments : la déclinaison et la composante horizontale de la force magnétique terrestre.

Le tableau qui suit, renferme leurs valeurs calculées pour le commencement de chaque mois, c'est-à-dire pour o h. du 1 de chacun de ces mois : la déclinaison est donnée en degrés, minutes et dixièmes de minutes ; la composante horizontale en unité de force, et par suite en dynes.

DATES			DÉCLINAISON	COMPOSANTE HORIZONTALE
1890.	Janvier	0h..............	14° 12',1	0,20918
—	Février	»..............	11',4	0,20919
—	Mars	»..............	11',5	0,20924
—	Avril	»..............	9',4	0,20927
—	Mai	»..............	10',3	0,20919
—	Juin	»..............	9',1	0,20962
—	Juillet	»..............	7',2	0,20961
—	Août	»..............	7',5	0,20942
—	Septembre	»..............	13° 59',2	0,20924
—	Octobre	»..............	14° 7',2	0,20931
—	Novembre	»..............	3',6	0,20904
—	Décembre	»..............	5',8	0,20919
1891.	Janvier	»..............	5',8	0,20958

Les nombres de ce tableau, qui résultent directement de l'observation, varient d'une façon assez irrégulière ; ils sont, en effet, affectés par les perturbations existantes au commencement du mois.

Si l'on veut avoir des nombres réguliers, il convient de les éliminer ; pour obtenir ce résultat, le procédé suivant semble le plus naturel.

Toutes les fois que l'inspection de la courbe montre que l'ordonnée de o h. n'est sujette qu'à une perturbation faible, et que l'on peut, au moyen d'une courbe auxiliaire, substituer à la courbe de l'enregistreur la courbe régulière qui aurait été tracée s'il n'y avait pas eu de perturbation, on prend pour ordonnée de o h. celle qui y répond dans la courbe auxiliaire. Mais lorsque les perturbations aux environs de o h. sont trop considérables pour que l'on puisse exécuter, avec chance d'exactitude, le tracé de cette courbe auxiliaire, on prend pour ordonnée de o h. la moyenne des ordonnées rectifiées de o h. du 31 et du 2 ; ou si ceci n'est pas encore possible à cause

des perturbations, on prend la moyenne des ordonnées rectifiées de o h. du 30 et du 3. C'est ainsi qu'ont été obtenus les nombres suivants :

DATES			DÉCLINAISON	COMPOSANTE HORIZONTALE
1890.	Janvier	0h.............	14° 12',1	0,20920
—	Février	».............	11',3	0,20923
—	Mars	».............	11',7	0,20910
—	Avril	».............	10',7	0,20938
—	Mai	».............	9',4	0,20940
—	Juin	».............	8',4	0,20974
—	Juillet	».............	7',6	0,20955
—	Août	».............	7',9	0,20938
—	Septembre	».............	6',8	0,20922
—	Octobre	».............	7',3	0,20920
—	Novembre	».............	7',0	0,20915
—	Décembre	».............	6',2	0,20924
1891.	Janvier	».............	5',9	0,20958

Ce mode de procédé a l'inconvénient de n'être pas absolument le même pour tous les mois ; on peut par suite lui imputer quelques-unes des irrégularités encore subsistantes. Pour nous en rendre compte, nous avons fait la réduction en prenant pour ordonnée de o h. du 1 du mois, la moyenne des ordonnées rectifiées de cinq jours, comprenant le 1 et formant pour les autres un groupe de deux symétriques autour du 1 et aussi voisins que possible de lui, ces cinq jours étant d'ailleurs toujours compris dans une période de dix jours, ayant le 1 en son milieu ; les ordonnées ainsi obtenues, sont toujours peu différentes les unes des autres, mais non identiques. Voici les nombres qui en résultent :

DATES	DÉCLINAISON	COMPOSANTE HORIZONTALE
1890. Janvier 0h..............	14° 12',7	0,20919
— Février »	11',1	0,20901
— Mars »	10',5	0,20908
— Avril »	10',4	0,20937
— Mai »	9',4	0,20942
— Juin »	8',7	0,20955
— Juillet »	8',2	0,20935
— Août »	8',2	0,20930
— Septembre »	6',3	0,20923
— Octobre »	6',4	0,20922
— Novembre »	6',0	0,20928
— Décembre »	5',8	0,20925
1891. Janvier »	6',0	0,20948

Les nombres de ces deux tableaux diffèrent peu les uns des autres et varient à peu près de la même manière ; cependant, les variations de ceux du second sont plus régulières, et il semble que ce mode de réduction soit préférable.

Les valeurs de la déclinaison y décroissent d'une façon sensiblement continue, depuis le commencement de l'année jusqu'à la fin.

Les variations de la composante horizontale sont moins régulières ; dans notre installation, elles sont, en effet, affectées par celles de l'humidité, et la détermination du facteur de correction qui y correspond est un peu incertaine. Quoi qu'il en soit, les nombres de ce tableau montrent que cette composante passe certainement par un maximum vers le milieu de l'année.

Enfin, en comparant les valeurs de la déclinaison au 1 janvier 1890 et au 1 janvier 1891, on en conclut pour variation séculaire de cet élément, en 1890, les valeurs

$$6',2 \text{ ou } 5',7$$

suivant que l'on adopte l'un ou l'autre des deux modes de réduction ci-dessus indiqués.

A l'Observatoire du parc Saint-Maur et à celui de Perpignan, le mode de réduction des observations consiste à rapporter la valeur des éléments à la moyenne de leurs valeurs horaires du dernier jour du mois précédent et du premier jour du mois actuel. Les valeurs des éléments ainsi obtenues, ne sont point nécessairement les mêmes que celles que donne le procédé que nous avons employé ; elles dépendent, en effet, de l'ensemble des perturbations magnétiques affectant les deux jours précités. Aussi convient-il, pour pouvoir comparer nos résultats à ceux publiés par les Observatoires qui précèdent, de calculer les valeurs des éléments magnétiques en suivant la même méthode ; elles sont réunies dans le tableau suivant :

DATES			DÉCLINAISON	COMPOSANTE HORIZONTALE
1890.	Janvier	0h	14° 12',2	0,20917
—	Février	»	11',5	0,20909
—	Mars	»	11',1	0,20903
—	Avril	»	11',6	0,20919
—	Mai	»	9',3	0,20943
—	Juin	»	8',9	0,20946
—	Juillet	»	9',6	0,20931
—	Août	»	9',2	0,20912
—	Septembre	»	3',0	0,20914
—	Octobre	»	8',0	0,20915
—	Novembre	»	7',4	0,20925
—	Décembre	»	7',1	0,20921
1891.	Janvier	»	7',1	0,20950

Les valeurs varient d'une façon moins régulière que celles de notre dernier tableau, et elles se rapprochent plus de celles que donne immédiatement l'observation, comme cela

était facile à prévoir. Avec elles, la variation séculaire, en 1890, est égale à

$$5',1.$$

REMARQUE I. — Je me suis étendu à dessein un peu longuement sur les différences obtenues dans les valeurs des éléments magnétiques suivant qu'on emploie, dans leur détermination, tel ou tel mode de réduction, afin de bien montrer toute l'importance qu'il y a à indiquer, jusque dans le détail, les opérations effectuées, et de donner une idée nette des précautions considérables qu'il faut prendre dans les déterminations de cette espèce, si l'on veut arriver à des résultats comparables entre eux.

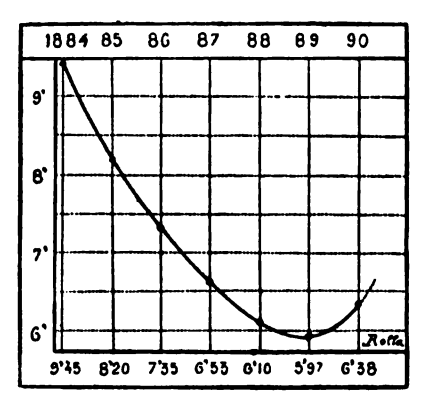


FIG 1

REMARQUE II. — Je reviens, d'ailleurs, à ce propos sur les amplitudes diurnes moyennes de la déclinaison. Le tableau de ses valeurs, depuis 1884, est le suivant :

1884.	9'45
1885.	8'20
1886.	7'35
1887.	6'53
1888.	6'10
1889.	5'97
1890.	6'38

Nombres qui sont traduits par la courbe de la fig. 1, dont les abscisses se rapportent au milieu de chaque année, et dont le simple examen montre que le point critique des variations du magnétisme terrestre a eu lieu vers la fin de 1889.

Ceci confirme ce que nous avons déjà dit l'an dernier à cet égard, et concorde avec les conclusions relatives aux variations d'énergie de la surface solaire données par M. Marchand dans l'intéressante communication qu'il a faite réeemment à l'Académie (1).

(1) *Sur les variations d'énergie de la surface solaire, déduites de l'observation de ses taches et de ses facules*, par M. EM. MARCHAND. (Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon; vol. XXXI de la classe des sciences.)

OBSERVATIONS

DES

TACHES SOLAIRES

En 1890

ET DES FACULES SOLAIRES

En 1889 et 1890

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE LYON

PAR

M. E. MARCHAND

Météorologiste-Adjoint à l'Observatoire de Lyon.

Les observations de taches solaires, faites en 1890 à l'Observatoire de Lyon, sont résumées dans le tableau suivant, dont la première colonne donne, pour chaque mois, la proportion des jours d'observation où le disque du soleil n'a présenté aucune tache; la deuxième, les dates extrêmes d'observation de chaque groupe, la troisième et la quatrième, les latitudes moyennes des groupes observés, la cinquième, les surfaces moyennes totales (noyaux et pénombres) de ces groupes, ramenées au centre du disque et exprimées en millionièmes de l'aire de l'hémisphère visible.

On voit que les taches n'ont manqué pour aucun mois de l'année, mais que, d'autre part, il n'y a aucun mois où l'on en

ait vu à tous les jours d'observation, comme cela s'était présenté pour août 1889. Les plus longues séries de jours d'observation où le soleil ait été vu sans aucune tache sont les suivantes : 11 février au 3 mars (11 observations), 15 mars au 5 avril (13 observations), 8 août au 23 (8 observations).

Janvier	1890..	0.33	9	— 29		4
—	— ..		18-21		+ 23	63
—	— ..		18		+ 26	0,5
Février	— ..	0.90	1-2		+ 24	20
Mars	— ..	0 78	8-13		+ 33	51
Avril	— ..	0.57	10-16	— 25		5
—	— ..		12		+ 25	35
—	— ..		29-30		+ 26	64
Mai	— ..	0.42	5		+ 23	4
—	— ..		9-17	— 27		42
—	— ..		16-24		+ 21	26
—	— ..		17-18	— 32		10
Juin	— ..	0.60	3-9	— 24		17
—	— ..		10-11	— 25		5
—	— ..		24		+ 20	3
Juillet	— ..	0.25	4		+ 6	0,5
—	— ..		4-12	-- 22		115
—	— ..		17	— 29		5
—	— ..		22-24	— 35		1
—	— ..		22-31	— 7		127
Août	— .	0.73	28-2		+ 18	194
—	— ..		30-2	— 21		10
—	— ..		26-6		+ 22	660
Septembre	— ..	0.10	1-8	— 20		120
—	— ..		6-13		+ 22	30
—	— ..		8-9	— 26		12
—	— ..		15-17	— 22		120
—	— ..		16-17	— 26		75
—	— ..		26-1		+ 21	64
Octobre	— ..	0.25	4-7	— 25		12
—	— ..		11		+ 16	15
—	— ..		11	— 13		1
—	— ..		14	— 20		3
—	— ..		20-31	— 22		1120
—	— ..		20-23	— 5		12
Novembre	— ..	0.25 (?)	12	— 24		70
—	— ..		12		+ 19	3
—	— ..		25-2		+ 21	475
—	— ..		30		+ 14	1
Décembre	— ..	0.30	2-8	— 31		30
—	— ..		15	— 28		114
—	— ..		15		+ 15	10
—	— ..		24-27		+ 20	10

En moyenne, la proportion des jours sans taches est de 0,456, tandis qu'elle était 0,555 en 1889; d'autre part, l'année 1889 avait donné 29 groupes de taches avec une surface totale de 1890 millionièmes de l'aire de l'hémisphère, tandis que 1890 en donne 43 présentant une surface totale de 3760; il y a donc certainement augmentation de l'activité solaire en 1890, en ce qui concerne les taches. Le minimum paraît avoir eu lieu en novembre 1889, car on n'avait vu aucune tache du 12 octobre au 4 décembre de cette année.

Le tableau indique encore que les deux hémisphères ont été à peu près aussi riches en taches l'un que l'autre; il y a cependant encore une légère prédominance de l'hémisphère S (23 groupes sur 43).

Enfin, on remarque que les latitudes N. et S. sont presque toujours supérieures à 20° et atteignent jusqu'à 35°; les latitudes les plus fortes s'appliquent surtout à de très petites taches; d'ailleurs, dans les groupes dont nous donnons la latitude moyenne, on a vu plusieurs fois de petites taches à des latitudes supérieures à 30°. Ainsi, ce phénomène de la production des taches à de hautes latitudes, qui a commencé après le minimum de mai 1889, et s'est accentué après celui de novembre 1889, a continué pendant toute l'année 1890. Il semble toutefois aller en diminuant; car, sur les neuf groupes de taches dont la latitude est plus petite que 20° dans cette année, six se rencontrent de septembre à décembre.

Nous complèterons cette étude des taches en 1890, ainsi que celle que nous avons déjà présentée à l'Académie sur les taches en 1889, par un résumé succinct des observations de facules faites pendant ces deux années.

Dans ce résumé, nous avons tenu compte non seulement des facules très brillantes, mais encore de celles qui étaient simplement plus brillantes que l'ensemble de la surface solaire (facules du second ordre du P. Secchi), lorsque nous avons pu les

observer plusieurs jours et en déterminer la position et la surface approximative. D'autre part, nous n'avons pas distingué entre les facules qui renfermaient des taches et celles qui n'en contenaient pas. Nous avons donc cherché à faire la statistique complète des régions d'activité du soleil, autant du moins que cela est possible sans tenir compte des protubérances.

Le tableau ci-après donne d'abord, pour chaque mois, la distribution de ces régions dans des zones de 10° de largeur, depuis l'équateur jusqu'aux latitudes 40° N. et S., et dans les deux calottes polaires s'étendant de 40° à 90°. La première et la douzième colonne donnent les nombres mensuels de facules par hémisphère ; la treizième, le nombre mensuel total pour les deux hémisphères.

Chaque groupe de facules, chaque région d'activité n'a été comptée qu'une seule fois par rotation apparente solaire, alors même qu'elle avait été observée pendant plusieurs jours consécutifs ; mais d'autre part, nous n'avions pas à nous préoccuper de distinguer les régions qui sont revenues plusieurs fois sur l'hémisphère visible du soleil, puisque notre but était d'obtenir, pour chaque mois, le nombre de groupes de facules existant sur la surface solaire pendant l'ensemble du mois considéré.

A cause de la persistance des facules pendant un temps souvent très long, les régions d'activité ont toujours pu être observées plusieurs fois, même pendant les mois d'hiver où les observations sont relativement rares. Notre statistique des facules est donc à peu près indépendante du nombre de jours d'observations, puisque nous avons cherché à obtenir les nombres mensuels *absolus* de groupes de facules et non des nombres relatifs comme on le fait habituellement.

Nous avons cherché de plus à calculer aussi exactement que possible la surface totale réelle de tous ces groupes, c'est-à-dire la surface ramenée au centre du disque. Cette surface,

inscrite, pour chaque mois, dans la dernière colonne de notre tableau, est celle des parties brillantes ou relativement brillantes de la surface solaire, et non celle de l'ensemble de l'espace occupé sur le soleil par le réseau des facules; elle est exprimée en millièmes de l'aire de l'hémisphère visible.

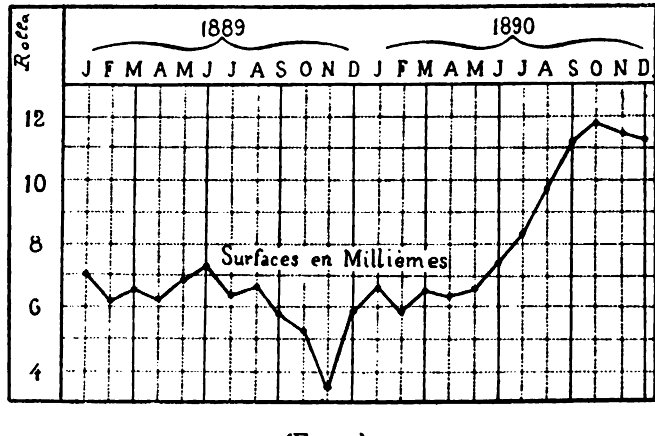
MOIS	S.						N.						Nombre mensuel de groupes	Surface totale
	Somme	40° à 90°	30° à 40°	20° à 30°	10° à 20°	0° à 10°	0° à 10°	10° à 20°	20° à 30°	30° à 40°	40° à 90°	Somme		
Janvier 1889..	9	1	»	»	»	8	5	2	1	1	1	10	19	7.0
Février — ..	13	3	1	1	3	5	»	2	2	1	1	6	19	6.1
Mars — ..	10	1	1	1	3	4	4	2	1	1	»	8	18	6.6
Avril — ..	10	2	»	»	4	4	4	3	1	»	»	8	18	6.1
Mai — ..	9	»	»	1	3	5	7	1	1	»	»	9	18	6.8
Juin — ..	8	1	»	»	1	6	5	3	1	»	»	9	17	7.4
Juillet — ..	7	»	»	»	1	6	9	»	»	»	»	9	16	6.4
Août — ..	11	»	»	2	»	9	2	»	2	»	»	4	15	6.6
Septembre — ..	9	»	»	1	5	3	4	5	1	»	»	10	19	5 7
Octobre — ..	11	1	2	4	1	3	4	2	2	»	»	8	19	5.2
Novembre — ..	12	2	1	3	2	4	2	1	4	»	»	7	19	3.6
Décembre — ..	8	»	»	2	1	5	2	4	1	1	»	8	16	5.9
TOTAUX.....	117	11	5	15	24	62	48	25	17	4	2	96	213	73.4
Janvier 1890..	8	»	»	3	2	3	2	2	4	1	»	9	17	6.6
Février — ..	9	1	1	2	2	3	»	2	8	1	1	12	21	5.9
Mars — ..	12	2	1	6	1	2	1	3	6	2	»	12	24	6.5
Avril — ..	8	2	1	3	2	»	4	1	6	1	1	13	21	6.4
Mai — ..	7	»	»	1	2	4	1	»	7	5	2	15	22	6.6
Juin — ..	10	»	»	4	2	4	3	1	5	3	4	16	26	7.4
Juillet — ..	8	»	1	3	2	2	4	4	5	1	»	14	22	8.1
Août — ..	11	»	1	5	2	3	3	2	4	1	1	11	22	9.8
Septembre — ..	10	»	1	7	2	»	1	3	4	2	1	11	21	11.2
Octobre — ..	9	»	»	4	2	3	1	2	4	1	1	9	18	11.9
Novembre — ..	7	»	1	3	1	2	2	3	2	1	»	8	15	11 6
Décembre — ..	15	1	4	4	3	3	1	2	2	2	»	7	22	11.3
TOTAUX.....	114	6	11	45	23	29	23	25	57	21	11	137	251	103.3

L'examen des nombres obtenus dans ces conditions met en évidence plusieurs faits intéressants :

1° Les nombres mensuels de groupes ne varient pas beau-

coup de janvier 1889 à janvier 1890; ils augmentent un peu à partir de février 1890, et l'année 1890 présente au total trente-huit groupes de plus que 1889.

2° La surface totale par mois (fig. 1) est de même peu variable de janvier à août 1889; elle va ensuite en diminuant et passe,



(Fig. 1).

en novembre 1889, par un minimum bien net; puis elle augmente plus ou moins régulièrement, jusqu'à la fin de 1890, et cette dernière année présente une superficie totale de 103,3, au lieu de 73,4 que donne 1889.

Ces faits placent le minimum d'activité du soleil en novembre 1889, comme cela résulte aussi de l'absence absolue de taches entre le 12 octobre et le 4 décembre de cette année.

3° La distribution en latitude des régions d'activité change complètement vers l'époque du minimum. Tandis qu'au début de l'année 1889, elles étaient surtout fréquentes dans la zone équatoriale de — 10° à + 10°, elles s'écartent beaucoup de l'équateur à partir du mois d'octobre, et, en 1890, le maximum de fréquence est dans la zone de 20° à 30° de chaque hémisphère. De plus, la zone de 30° à 40° N. et S. qui, en 1889,

ne contenait que neuf groupes pour les deux hémisphères, en renferme trente-deux en 1890; la zone équatoriale, qui en comprenait cent dix en 1889, n'en a plus que cinquante-deux en 1890.

4° Enfin, c'est l'hémisphère S. qui est le plus riche en régions actives jusqu'au minimum (en 1889); c'est au contraire l'hémisphère N. après le minimum (1890).

INFLUENCE

DE LA

NATURE DU SOL

SUR LA

TEMPÉRATURE A SON INTÉRIEUR

PAR

CH. ANDRÉ & J. RAULIN

INTRODUCTION

Dans un savant mémoire, qu'ont publié les annales du Bureau central météorologique pour 1880 (1), MM. Ed. et H. Becquerel, après avoir étudié la propagation du froid de cet hiver rigoureux sous le sol dénudé ou gazonné et sous la couche de neige de 0 m. 25 d'épaisseur qui couvrait alors le sol, arrivent à cette conclusion que « *Chaque couche du sol est soumise à l'influence de deux effets calorifiques : l'un, dû aux variations de la température extérieure; l'autre, dû à l'action des couches profondes qui tendent à donner à celle-ci une température constante, comme on l'observe à partir d'une certaine profondeur* ».

(1) *Températuresdu sol et de l'air observées au muséum d'histoire naturelle pendant l'année 1880* par MM. EDMOND et Henri BECQUEREL. — Annales du Bureau central météorologique de France. Année 1880, p. 1.

Il nous a paru que la nature même du sol devait influer sur le résultat produit par le premier de ces deux effets, à savoir par les variations de la température extérieure ; et pour nous en assurer, nous avons institué les expériences suivantes :

A. — Exposé de la méthode.

Jusqu'à o m. 90 cent. de profondeur et sur une étendue de 5 ares, on a enlevé la terre végétale du champ d'expériences de la station agronomique de la Faculté des sciences de Lyon, à Pierre-Bénite, et sur *cinq* carrés, de un *are* chacun, on l'a remplacée par les terres que voici :

1° Mélange à volumes égaux des quatre terres suivantes :
2° Terre noire de tourbe ;
3° Terre rougeâtre argilo-siliceuse ;
4° Sable blanc siliceux ;
5° Terre blanche très calcaire.

La composition de ces quatre terres séchées à 100° est donnée par :

	N° 2. — Terre de tourbe.	N° 3. Terre argilo-siliceuse.	N° 4. Sable blanc.	N° 5. — Terre calcaire.
Humus	67,3	o	o	o
Argile	o	25,4	4,5	o
Calcaire	20,1	o	20,7	61,4
Sable	12,6	74,6	74,8	38,6

Comme sous-sol on a laissé le gravier des alluvions du Rhône qui forme le fond de la propriété. Au milieu de chacun de ces carrés, ont été installés deux thermomètres donnant le 0°1 dont les réservoirs sont à o m. 50 et à o m. 20 de profondeur, et qui sont protégés contre les chocs par des cages cubiques de o m. 50 de côté, dont les faces sont formées par un grillage métallique de 5 millimètres de maille.

Chaque jour, à une heure convenable, depuis le 31 août 1888 jusqu'au 1er janvier 1890, on a observé la température marquée par ces thermomètres, et déterminé en même temps la température de l'air au moyen d'un thermomètre fronde.

B. — Discussion des observations.

Pour la discussion des observations, il convient de prendre à part les variations rapides de température, comme celles qui se produisent dans le courant d'une même journée, et celles plus lentes qui se produisent dans la température moyenne de périodes assez étendues, jours, décades ou mois.

Les premières sont ce que nous appelons les *variations horaires,* elles s'obtiennent en observant les températures toutes les heures ou toutes les deux heures par exemple dans le courant d'une journée.

Les autres donnent lieu aux *variations diurnes,* si elles sont obtenues à l'aide des températures moyennes de chaque jour, et aux *variations mensuelles*, si elles se déduisent de périodes successives plus étendues, qu'elles soient des décades ou des mois.

I.— Variations horaires.

Il suffit de jeter les yeux sur les courbes de la planche A, dont les abscisses représentent des heures (1^{cm} par heure) et les ordonnées des degrés de température (1^{cm} par degré), pour se convaincre que dans l'espace de 24 heures, les courbes 1 G, 2 G, 3 G, 4 G, 5 G des températures à 0 m. 50 de profondeur se confondent sensiblement avec des lignes droites, à peu près parrallèles à l'axe des heures; à cette profondeur, la tempéra-

ture de chaque terre n'est donc pas sensiblement (1) influencée par la marche diurne du soleil. Il n'en est pas de même des courbes 1 P, 2 P, 3 P, 4 P, 5 P, des températures à o m. 20 de profondeur; et il y a alors lieu de distinguer le cas d'un ciel pur et celui d'un ciel nuageux ou pluvieux.

Dans le premier cas, le seul que nous considérions maintenant, ces courbes affectent des formes sinusoïdales (pl. A), dont la partie nocturne est la plus allongée et peut, entre 8 heures du soir et 6 heures du matin, être remplacée sensiblement par une ligne droite. Mais pour les divers terrains, ces courbes ne sont pas identiques.

a) Heures des températures extrêmes.

1° L'*heure du minimum* de température de chaque terre est en retard sur l'heure du minimum atmosphérique et varie comme celle-ci du solstice d'été au solstice d'hiver (2); en outre, n'est pas la même pour toutes les terres. Le minimum du sable blanc paraît le premier; celui de l'argile et celui du calcaire le suivent de près, vient ensuite celui du mélange témoin notablement distant des précédents; enfin, le minimum de la tourbe a lieu dans l'après-midi, vers 4 heures, tandis que la moyenne des autres minima a lieu de 8 heures à 11 heures du matin. Voici quelques exemples: (pl. A.)

(1) Fait antérieurement constaté à l'Observatoire de Lyon, aux stations du parc de la Tête-d'Or et de Saint-Genis-Laval.

(2) Fait souvent constaté à l'Observatoire de Lyon; le minimum de température de l'air est vers 4 heures du matin au solstice d'été et vers 7 heures au solstice d'hiver.

DATES	TERRES				
	1	2	3	4	5
1888 Sept. 10	10 h. 5 mat.	4 h. 0 soir.	9 h. 0 mat.	8 h. 5 mat.	10 h. 0 mat.
— 11	11 0 —	»	10 0 —	9 0 —	10 0 —
— 12	11 5 —	4 0 —	10 0 —	9 0 —	11 0 —
— 13	11 0 —	6 0 —	10 0 —	9 0 —	9 0 —
— 14	10 5 —	2 0 —	9 0 —	8 0 —	10 0 —
— 15	11 0 —	3 0 —	10 0 —	8 0 —	10 0 —
— 16	11 0 —	»	9 5 —	9 0 —	10 0 —
MOYENNE DES HEURES	10 h. 9 mat.	3 h. 8 soir.	9 h. 6 mat.	8 h. 6 mat.	10 h. 0 mat.

2° *L'heure du maximum* de température est également en retard sur celle du maximum de l'air, et varie aussi d'un terrain à l'autre; c'est ce que montre le tableau suivant :

DATES	TERRES									
	1		2		3		4		5	
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
1889. Juin 1	9h.7m.	11 h.s.	2 h. s.	6 h. m.	8 h.m.	9 h. s.	7h. m.	9 h. s.	8h.m.	10 h.s.
— Déc. 4	1 s.	10 —	6 —		10 —	7 —	10 —	6 —	10 —	7 —

Le maximum de température arrive donc sensiblement à la même heure pour les trois terrains, argile rougeâtre, calcaire blanc et sable blanc; il retarde un peu sur eux dans le mélange témoin; et enfin, il a lieu beaucoup plus tard pour la terre noire de tourbe, où il se produit, suivant les saisons, entre 4 heures et 6 heures du matin, c'est-à-dire au voisinage des heures du minimum atmosphérique.

Il est d'ailleurs presque inutile de faire remarquer que l'intervalle qui sépare le minimum du maximum est sensiblement plus petit vers le solstice d'hiver que vers le solstice d'été.

b) Amplitude thermométrique diurne.

Les courbes (A) montrent que, comme on le savait déjà, dans toutes les terres l'amplitude diurne varie dans le même sens que celle de la température de l'air, tout en étant beaucoup moindre; elle est d'ailleurs, en général, d'autant plus grande que cette amplitude est plus grande elle-même. Mais ce que nos observations révèlent de curieux, c'est la variation considérable pour les différentes terres, du rapport de cette amplitude diurne à une même amplitude atmosphérique, comme le montre le tableau suivant :

DATES	TEMPÉRATURE maxima de l'air	AMPLITUDE DIURNE	AMPLITUDE DIURNE MESURÉE DANS LES TERRES				
			1	2	3	4	5
1888. Sept. 15	27°6	14°1	1°8	0°5	3°3	5°1	3°1
— — 16	26,4	11.5	1,3	0,2	2,4	4,2	2,3
— Oct. . 11	12,9	6,8	1,3	0.3	1,9	2,1	1,8
— — 24	16,5	15,0	0.7	0,3	2,0	3,7	2,1
— — 26	18,4	10,0	0,5	0,1	1,6	2,9	1,3
1889. Févr. 8	5,5	6,5	0,3	0,2	0,7	1,5	0,6
— Avril 27	18.0	15,0	0,4	0,2	2,8	4,9	2,8
— Août 18	23,0	16,0	1,5	0,4	3,5	5,4	3,0
Moyennes. ...		9,36	1,10	0,27	2,27	3,85	2,13
RAPPORT			0,118	0,0289	0,243	0,412	0,213

Ce rapport, excessivement faible pour la terre noire de tourbe, est sensiblement le même pour la terre argilo-siliceuse et pour la terre blanche calcaire; il est maximum pour le sable blanc; fait assez remarquable, il est relativement faible pour le mélange des quatre terres.

REMARQUE. — Les différences entre les heures des maxima et minima de température des quatre terres, mises en expérience dans des conditions extérieures absolument identiques, ne peuvent évidemment s'expliquer que par la différence de leurs conductibilités; l'ordre décroissant des conductibilités pour les différentes terres serait donc :

Sable;
Argile;
Calcaire;
Terre de tourbe.

D'autre part, les différences d'amplitude thermométrique diurne peuvent tenir à la fois aux différences des pouvoirs absorbants et des pouvoirs conducteurs; or, comme elles sont dans le même ordre

Sable;
Argile;
Calcaire;
Terre de tourbe,

on doit en conclure, ou bien que les influences de ces deux causes sont de même sens, ou bien que l'influence de la première sur ces différences d'amplitude est négligeable par rapport à la seconde. Nous verrons plus loin que cette dernière conclusion est la vraie.

Il convient en outre d'insister sur l'écart considérable qui doit exister entre les pouvoirs absorbant et conducteur de la terre de tourbe et les pouvoirs analogues des autres terres mises en expérience.

II. — VARIATIONS DIURNES.

c) Choix de l'heure de la température moyenne.

Nous appelons *variations diurnes,* celles de la température moyenne diurne du terrain considéré à la profondeur du réser-

voir du thermomètre; au point de vue expérimental, la question revient donc à observer chaque thermomètre à l'heure exacte où sa température est égale à cette moyenne diurne; et l'étude de ces variations suppose que l'on ait tout d'abord une connaissance approfondie de la loi, suivant laquelle varie pendant chaque jour de l'année la température au niveau considéré, c'est-à-dire que l'on dispose d'une série d'observations faites pendant une longue période à toutes les heures de la journée; il faudrait en outre connaître l'influence exacte des causes de perturbations accidentelles, car, par l'effet des variations climatériques, l'heure de la température moyenne n'est pas rigoureusement la même deux jours de suite. Mais la température variant assez lentement dans le cours d'une journée, dès que la profondeur du point d'observation dépasse quelques décimètres, l'expérience démontre que, au degré d'approximation où nous nous plaçons, on peut se baser sur les considérations suivantes :

1° La température du thermomètre plongé dans la terre de tourbe, soit à 0 m. 20 de profondeur, soit *a fortiori* à 0 m. 50 cent. de profondeur, variant très peu et régulièrement dans l'intervalle d'un jour, on a admis qu'une différence, même de plusieurs heures, entre l'heure d'observation et l'heure réelle de la température moyenne, n'a pas d'influence sensible sur le résultat.

2° En ce qui concerne les autres terrains, et pour des motifs analogues, on a admis les mêmes principes pour la profondeur de 0 m. 50, et l'on s'est contenté de déterminer l'heure d'observation la plus convenable pour la profondeur de 0 m. 20. Dans ce but, on a fait, à des jours convenablement choisis de l'année, une série de déterminations bihoraires des températures de chacun des thermomètres à cette profondeur. Pour chacun de ces jours, on a obtenu une heure de passage par la température moyenne dans l'après-midi, et

c'est la moyenne, *trois heures,* de tous ces résultats qui a été adoptée pour heure d'observation commune à tous les thermomètres.

On obtient ainsi une grande simplification du processus expérimental, tout en conservant une approximation suffisante. On a étudié, par cette méthode, les températures moyennes aux mois de janvier, avril, juillet et octobre 1889; les résultats obtenus sont réunis dans la planche D, avec la marche diurne de la température de l'air, qui doit évidemment servir de point de comparaison. La température de l'air indiquée est celle qui a été observée à 3 heures de l'après-midi, c'est-à-dire à peu près à l'heure du maximum.

d) Comparaison à la température de l'air.

La température de l'air, mesurée comme nous venons de le dire, est irrégulière et commandée dans ses détails par les déplacements, à lois encore inconnues, des trajectoires des bourrasques qui s'approchent de notre pays ou le traversent; toutes ces irrégularités ont leurs corrélatives dans les courbes des températures moyennes des différents terrains et à 0 m. 20, elles sont plus accentuées qu'à 0 m. 50 pour la même terre.

1° *Retard des oscillations des températures du sol sur celles de l'air.* — Le fait important est que ces oscillations thermométriques souterraines ne sont point simultanées à la même profondeur.

La terre qui paraît suivre de plus près les oscillations thermométriques de l'air, principalement à la profondeur de 0 m. 20 est le sable blanc; viennent ensuite la terre argilo-siliceuse et le calcaire blanc, puis le mélange témoin, et enfin bien en retard, la terre de tourbe. Cet ordre est encore l'ordre

décroissant des conductibilités déterminé plus haut par un autre procédé.

2° *Amplitude thermique.* — L'influence de la nature spécifique des terrains peut encore être caractérisée à l'aide des températures extrêmes mesurées dans chacune d'elles. Ainsi, si pour chacun des mois dont il est question, on prend la différence du maximum le plus élevé au minimum le plus bas, et qu'on fasse la somme de ces différences, on obtient pour les diverses terres, aux deux profondeurs, les valeurs suivantes :

PROFONDEURS	1	2	3	4	5
0m20 0m50	23°,0 thermomèt. cassé.	15°,0 12°,3	23°,5 16°,0	28°,5 15°,5	21°,3 12°,3
Moyennes.....		13°,7	19°,8	22°,0	16°,8

Ces moyennes, qui résument dans une certaine mesure les amplitudes des oscillations thermométriques dans les différentes terres à une même profondeur, varient dans l'ordre suivant de décroissance :

Sable blanc;
Terre rougeâtre argilo-siliceuse;
Terre blanche calcaire;
Terre noire de tourbe.

Cet ordre est encore l'ordre décroissant des conductibilités des terres; du reste, l'examen détaillé des courbes montre que l'amplitude des oscillations thermométriques de chaque terre, correspondant à chaque oscillation atmosphérique, est encore en général dans le même ordre.

Il faut remarquer en outre que, pour la terre noire de tourbe, l'amplitude est beaucoup moindre que pour les autres terres.

e) Températures simultanées des différentes terres aux différentes saisons.

L'influence de la nature du terrain sur la température du sol ressort également de la comparaison des positions respectives des courbes de température aux diverses saisons, par exemple aux mois de janvier, avril, juillet et octobre 1889.

On sait depuis longtemps, par les belles recherches de MM. Becquerel, que la température du sol est d'autant moins variable, que la profondeur du réservoir thermométrique est plus considérable; le simple examen des courbes des planches (D) vérifie cet énoncé, et cela, quelle que soit la nature du terrain sur lequel on expérimente; mais nos expériences vont plus loin.

En janvier, l'ensemble des courbes de tous ces terrains est fortement abaissé; la température maxima ne dépasse pas 8°, la température minima descend à 1°. En avril, cet ensemble s'est déjà notablement relevé; température minima 5°, température maxima 16°. En juillet, l'élévation est générale, température minima 17°5, température maxima 27°5. En octobre, l'ensemble des courbes s'est déjà beaucoup abaissé; température minima 9°, température maxima 18°.

Si l'on compare les courbes d'une même terre aux deux profondeurs o m. 50 et o m. 20, à diverses époques, on voit que pour l'ensemble: en janvier, la température est moins basse à o m. 50 qu'à o m. 20; en avril et en juillet, le contraire a lieu; en octobre, les situations respectives redeviennent ce qu'elles étaient en janvier.

Mais, et c'est là le point essentiel, les relations de température des différentes terres ne sont pas les mêmes à ces quatre époques.

1° En janvier, époque des plus grands froids de l'année, la température mesurée dans la terre de tourbe est plus élevée que celle d'aucune autre terre, à la même profondeur. La différence est d'ailleurs loin d'être négligeable; à la profondeur de o m. 50, elle n'est pas inférieure à 2° et atteint parfois 3°9; à la profondeur de o m. 20 où, pour elle la courbe des températures est encore fort régulière tandis que celle qui correspond aux autres terrains offre des sinuosités remarquables, cette différence, qui ne descend pas au-dessous o°5, atteint parfois 2°9.

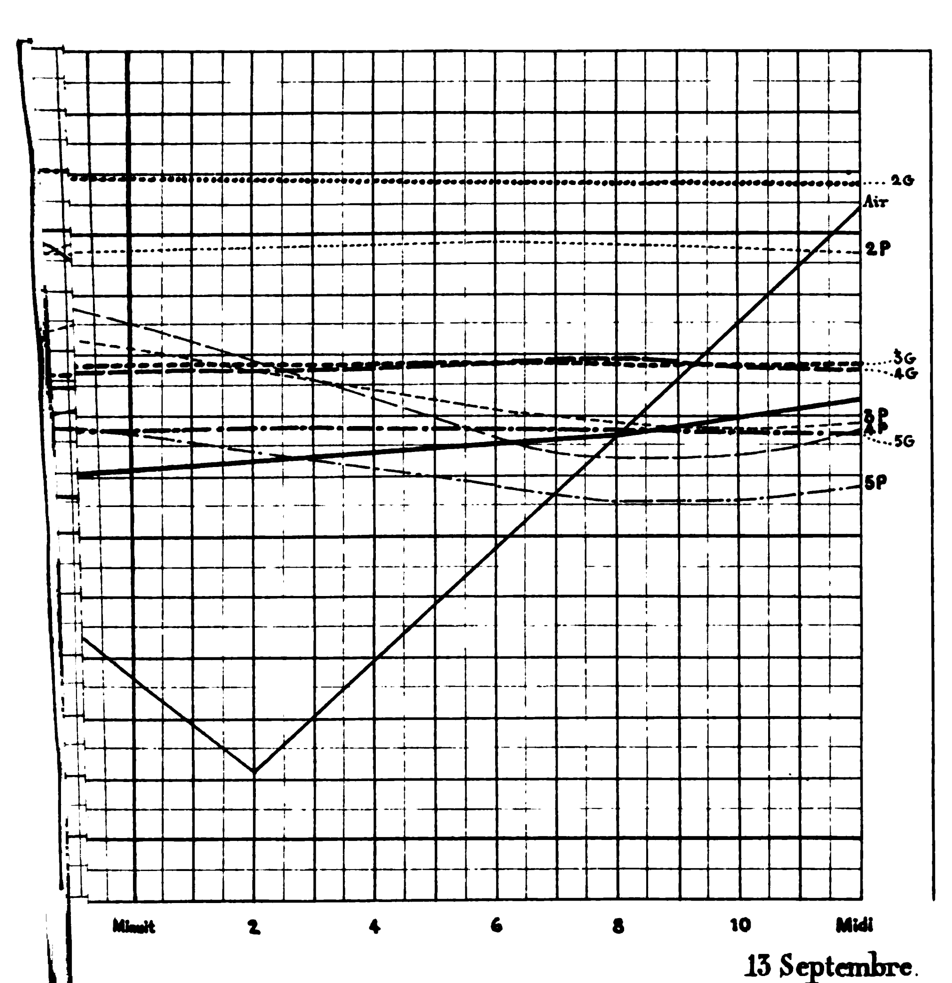
2° Dans les premiers jours d'avril, c'est-à-dire vers le commencement du réchauffement atmosphérique, les températures mesurées sont sensiblement les mêmes, quel que soit le terrain et quelle que soit la profondeur.

Mais bientôt l'influence de la nature du sol se fait sentir; à partir du 10 de ce mois, la température mesurée dans le sable, l'argile, le calcaire ou le mélange est devenue supérieure à la température mesurée dans la terre de tourbe, à la même profondeur. De plus, la température de celle-ci, à la faible distance de o m. 20 du sol, a été dépassée par celle du sable siliceux à o m. 50; et elle n'est plus supérieure que d'environ 1° à celle de l'argile et de la terre calcaire.

3° En juillet, dans une période où la température atmosphérique a cessé de croître, la température de la terre de tourbe se relève par rapport à l'ensemble des températures des terres (aux mêmes profondeurs) et les courbes qui les reproduisent tendent à prendre les positions les plus élevées.

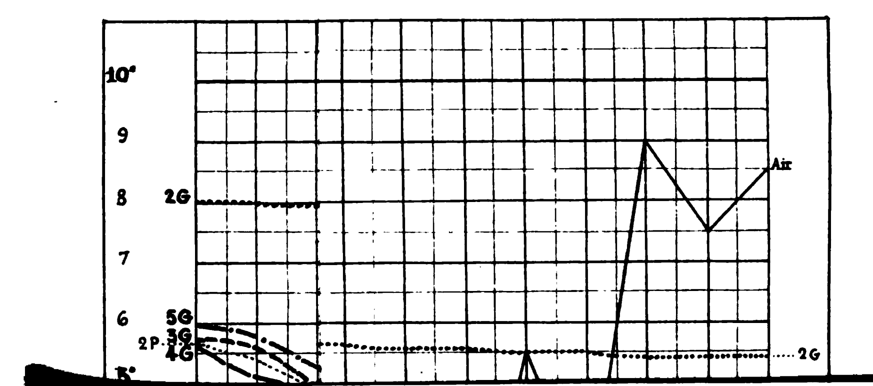
En outre, les températures, mesurées dans la tourbe aux deux profondeurs o m. 20 et o m. 50, sont en général peu différentes l'une de l'autre; leur différence n'atteint que très accidentellement 2°5.

Un fait particulier à signaler: dans la seconde quinzaine du mois, la température à la profondeur de o m. 20 est

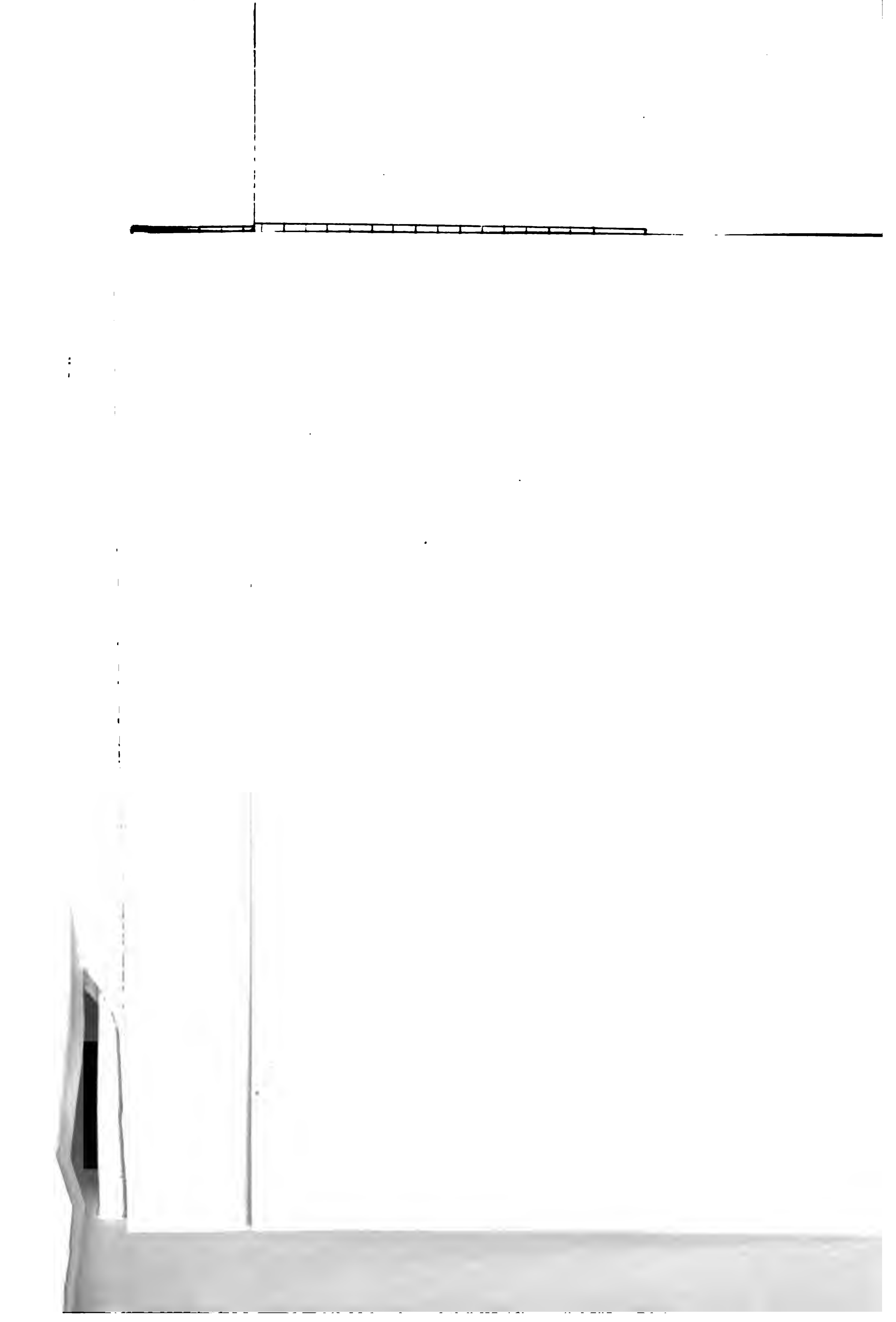


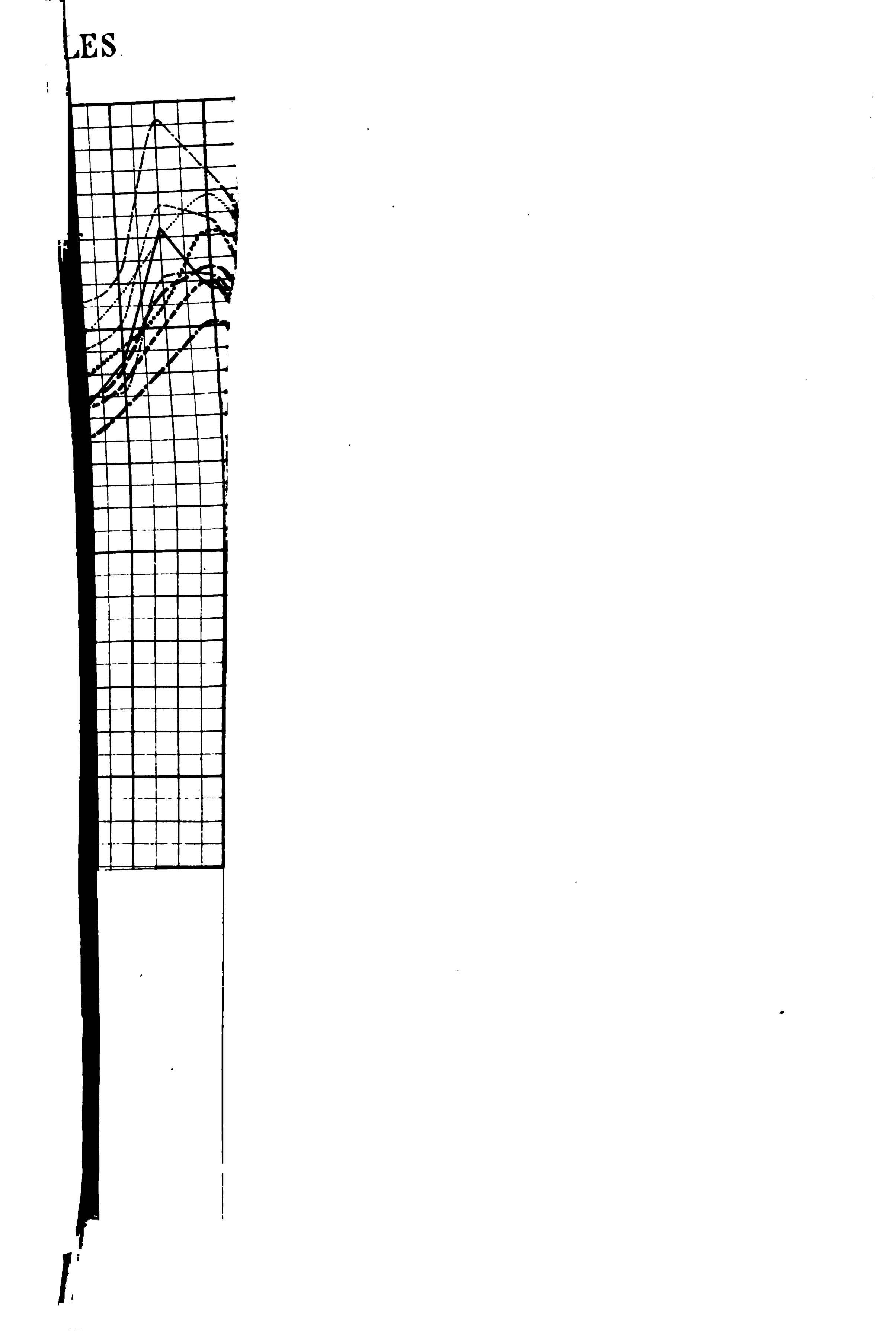
13 Septembre.

2G & **2P** *Terre humifère à 0m,50 et à 0m,20*
3G & **3P** *Terre argilo-siliceuse* ——— *id* ———
4G & **4P** *Terre sablonneuse* ——— *id* ———
5G & **5P** *Terre calcaire* ——— *id* ———



10°
9
8
7
6
5°
2G
5G
3G
2P
4G
Air
2G




LES

parfois plus basse que celle mesurée à o m. 50; il en est d'ailleurs de même pour les trois autres terres. Cette distribution de la température caractérise des périodes pluvieuses, et doit être mise à part dans cette étude.

4° En octobre, mois compris dans la période de déclin de la température de l'air, les courbes des températures du sable, de l'argile, du calcaire et du mélange sont revenues, par rapport à la terre de tourbe, à l'infériorité déjà constatée en janvier. A o m. 50, la température de la terre de tourbe est plus élevée de 4°5 au maximum et de 2°1 au minimum; à o m. 20, elle est plus élevée de 2°5 au maximum et de o°8 au minimum. Et même, la température de la rerre de tourbe à o m. 20, plus basse que celle de la même terre à o m. 50, est, sauf un seul jour, plus élevée que les températures des autres terres aux deux profondeurs.

5° Par conséquent, la terre de tourbe, tout en maintenant la température au plus haut niveau général des autres terres dans les mois les plus chauds de l'année, l'empêche de descendre aussi bas que dans celles-ci aux périodes les plus froides.

Les courbes représentatives des températures des autres terres présentent entre elles, à un bien moindre degré, des rapports de même sens; en janvier et surtout en juillet, c'est-à-dire aux périodes de température atmosphérique stationnaire, et pour des profondeurs égales, les courbes des températures du sable sont en général un peu plus élevées que celles de l'argile, celles de l'argile un peu plus élevées que celles du calcaire.

En avril et à un moindre degré en octobre, c'est-à-dire aux époques de rapide variation de la température ambiante, la courbe du sable est la plus élevée dans le premier cas, la moins élevée dans le second; elle est suivie de près par celle de l'argile, et celle-ci par la courbe du calcaire.

[illegible]

[illegible] ... terres pour la chaleur rayonnante [illegible] toutes choses égales d'ailleurs, s'échauffer d'autant plus qu'elle absorbe plus de rayons.

Remarque. — L'ordre croissant des pouvoirs absorbants des différentes terres est donc marqué par :

Terre de tourbe, mélange sable argile et calcaire.

D'autre part, nous avons vu plus haut que l'ordre croissant des conductibilités était marqué par :

Terre de tourbe, mélange argile calcaire, argile et sable.

Ces deux ordres n'étant pas les mêmes pour les trois dernières terres, on doit en conclure que les différences d'amplitude thermique sont dues aux différences de conductibilité et non à celles des pouvoirs absorbants.

III. — Variations mensuelles.

On a résumé la marche générale des variations mensuelles dans la planche E en construisant les courbes des températures moyennes par décades.

Ces courbes présentent encore de nombreuses sinuosités en rapport les unes avec les autres, mais assez irrégulières parce qu'elles sont dues à des causes de perturbations accidentelles, nuages, pluies, étant donné surtout la variabilité du climat lyonnais (1).

En général, la courbe de l'atmosphère est surbaissée par rapport à celle des températures des terres; c'est une conséquence du grand pouvoir diathermane de l'air.

1° *Époques des maxima et minima des températures des terres.* — Ces époques ne diffèrent pas beaucoup de celles des maxima et minima correspondants de l'atmosphère, ce qui s'explique par la durée de la période, dix jours, de chaque point de la courbe. Mais pour les plus grands maxima en juillet, et les plus petits minima en janvier, il y a un retard qui varie d'une terre à l'autre, dans le même sens que les retards des maxima et minima horaires, quoique par l'effet des causes perturbatrices la netteté soit moindre.

2° *Amplitude des oscillations.* — Elle est en général moindre dans les terres que dans l'air, moindre à o m. 50 qu'à o m. 20; elle décroît à peu près dans l'ordre suivant : sable, argile, calcaire, mélange, terre de tourbe.

3° *Position respective des courbes.* — L'ensemble de la figure présente deux branches sinusoïdales renversées, à peu près symétriques par rapport à un point central. De juillet à janvier, quand la température décline, les courbes des températures à o m. 50 de profondeur sont respectivement au-dessus des courbes de température des mêmes terres à o m. 20; c'est l'inverse de janvier à juillet. Les courbes de la terre de tourbe, soit à o m. 50, soit à o m. 20, sont relativement élevées

(1) La courbe de l'air est relativement moins élevée que celle des planches D, parce que dans les planches D on a pris la température maxima, et dans la planche E la température diurne moyenne de l'air.

par rapport aux autres courbes de même ordre, c'est-à-dire que dans la partie descendante de la température atmosphérique elles restent fort en dessus, et dans la partie ascendante, elles se confondent presque avec elles. En juillet et en janvier, dans les parties les plus hautes et les plus basses des courbes, les températures de la terre de tourbe tendent peu à peu à devenir plus élevées que les autres températures de même ordre; vers juillet, la courbe du sable domine celle de l'argile, et celle-ci celle du calcaire; ces résultats confirment les conclusions prises plus haut, c'est-à-dire que l'ordre des *conductibilités* décroissantes serait : sable, argile, calcaire, terre de tourbe, et l'ordre des pouvoirs *absorbants* décroissants : terre de tourbe, sable, argile, calcaire.

Conclusions.

Les faits précédents peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

1° *Variations thermiques.* — La terre de tourbe se distingue des autres en ce qu'elle obéit très lentement aux causes de variations de la température atmosphérique, et qu'elle n'en reçoit que des oscillations d'une amplitude très faible; les autres terres sont, à ce double point de vue, beaucoup plus comparables entre elles et beaucoup plus impressionnables aux variations atmosphériques ; le mélange témoin est la terre qui, sous ce rapport, s'éloignerait le moins de la tourbe, la terre calcaire vient ensuite, suivie de près par l'argile, et celle-ci par le sable siliceux; c'est surtout une question de *conductibilité.* Au point de vue agronomique, ces différences doivent influer sur la végétation; car bien qu'on considère en général qu'il faille une somme de degrés déterminée pour que la végétation accomplisse une évolution déterminée, tout sem-

ble indiquer que la manière dont se succèdent les éléments de cette somme n'est pas sans influence.

Des expériences directes à ce sujet ne seraient pas sans intérêt.

2° *Rôle de la terre de tourbe.* — Aux époques où la température atmosphérique tend à devenir stationnaire, l'ordre général décroissant de température des terres qui tend à s'établir est celui-ci : terre de tourbe, mélange, sable siliceux, argile, terre calcaire; les quatre dernières terres se ressemblent beaucoup, mais la terre de tourbe se sépare nettement des autres ; c'est une *terre chaude,* dont la température ne descend jamais bien bas dans la saison froide. Or, une pareille circonstance doit, en général, être favorable à la végétation; aussi, avons-nous remarqué que du maïs et des betteraves, semées dans une pareille terre, avaient une végétation notablement plus précoce que dans les autres terrains.

SUR

L'ÉQUATION PERSONNELLE

DANS LES

OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES

DE PASSAGES

PAR

M. F. GONNESSIAT

Astronome-adjoint à l'Observatoire de Lyon

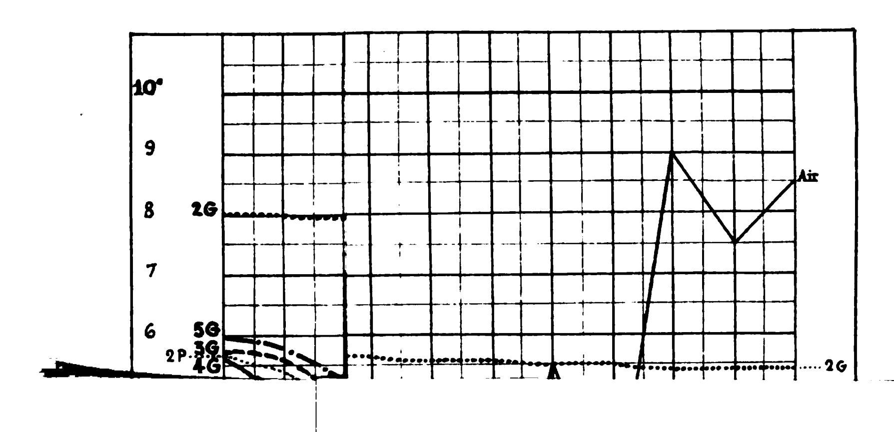
INTRODUCTION

La détermination de l'instant où une étoile passe sous les fils du réticule d'une lunette astronomique, est obtenue par deux procédés principaux.

I. *Méthode de l'œil et de l'oreille (Œ-O).* — L'observateur suit l'étoile et compte mentalement les battements de la pendule; il fixe par la pensée la position *a* (*fig. 1*) que lui paraît occuper l'astre à l'instant du battement qui précède immédiatement le passage au fil, et la position *b* au battement suivant; puis il estime dans quelle proportion le fil partage l'intervalle *ab* parcouru en une seconde : c'est donc l'*œil* qui évalue la fraction qu'il faut ajouter à la seconde battue en *a* pour avoir l'instant du passage. De là deux sortes d'erreurs.

b b' | *a a'*

(Fig. 1.)


10°
9
8
7
6
2G
5G
3G
2P.
4G
Air
2G

on s'est assuré qu'il y a proportionalité complète entre les deux: par conséquent, les contacts du grand chariot pourront servir à déterminer la position du petit, avec une précision qu'il n'eût pas été possible d'obtenir directement à cause de la petitesse du déplacement.

Les astres artificiels sont formés par des ouvertures convenables pratiquées dans des plaques rigides et se projetant sur un fond lumineux. De petits artifices, sur lesquels il est inutile d'insister ici, permettent de reproduire les apparences d'un astre quelconque. Des pinces portées par les chariots reçoivent ces mires.

On peut régler les contacts de telle sorte qu'à l'instant où se ferme le circuit électrique, l'image de l'astre occupe dans le champ de la lunette une position voisine de chacun des fils fixes où a lieu l'observation. Cette position est déterminée exactement par des pointés micrométriques au fil mobile; pour plus de sécurité, ces pointés sont exécutés soit à l'aide d'un oculaire ordinaire, soit avec un oculaire terrestre, qui redresse les images. Connaissant l'époque du passage donnée par l'enregistreur, la vitesse de déplacement du chariot, la position respective du point où se produit le contact et du fil où on observe le passage, on obtient sans difficulté l'instant vrai de ce passage. Il est plus expéditif et plus sûr de procéder ainsi, que de s'astreindre à établir une coïncidence complète, d'ailleurs précaire, entre les contacts et les passages aux fils. Il ne reste plus alors qu'à comparer les passages estimés aux passages calculés comme on vient de dire.

L'appareil a été installé sur le pilier de la mire Nord de notre grand instrument méridien ($0^m,135$ d'ouverture), et visé à travers le collimateur de cette mire. La détermination de l'équation personnelle peut ainsi se faire aussi commodément que celle des constantes instrumentales, sans qu'il soit nécessaire d'interrompre les observations courantes. Diverses expé-

riences ont d'ailleurs été faites dans la chambre noire de 130 mètres de l'Observatoire; on s'est, dans ce cas, servi de la petite lunette méridienne de Rigaud ($0^m,057$ d'ouverture).

Comme éclairage on a utilisé, suivant le cas, soit la lumière solaire réfléchie et diffusée en proportion convenable, soit la lumière d'une lampe à huile, soit plus fréquemment la lumière électrique d'une lampe à incandescence.

II. — ERREUR MOYENNE ACCIDENTELLE D'UN PASSAGE.

On va indiquer d'abord l'erreur moyenne accidentelle d'un passage, telle qu'elle résulte de la comparaison du résultat moyen d'une série de 40 ou 50 passages avec chaque valeur isolée de cette série.

On trouve que la loi des erreurs accidentelles en fonction de la déclinaison δ est exactement représentée par des expressions de la forme suivante :

Œ-O... $\varepsilon^2 = a^2 + b^2 \sin^2 \frac{\delta}{2} + c^2 \operatorname{séc}^2 \delta$

E........ $\varepsilon'^2 = a'^2 + b'^2 \sin^4 \frac{\delta}{2} + c'^2 \operatorname{séc}^2 \delta$

Dans les formules jusqu'ici proposées, ne figurent pas les termes en $b^2 \sin^2 \frac{\delta}{2}$ ou $b'^2 \sin^4 \frac{\delta}{2}$. Quelques auteurs ont essayé l'introduction de termes contenant les puissances troisième ou quatrième de *séc* δ; mais aucune des expressions employées n'était apte à représenter nos observations d'une façon tant soit peu passable.

Dans la grande chambre noire, la qualité des images ne laisse rien à désirer. Les observations faites à la petite lunette, à neuf vitesses différentes (depuis $\operatorname{séc}\delta = 1$, jusqu'à $\operatorname{séc}\delta = 68$)

ont conduit aux expressions suivantes, relatives à des étoiles de 4-5ᵉ grandeur.

$$\text{Œ-O..}\quad \varepsilon^2 = 0^s,\overline{071}^2 + 0^s,\overline{100}^2 \sin^2\frac{\delta}{2} + 0^s,\overline{016}^2 \,\text{séc}^2\,\delta$$

$$\text{E......}\quad \varepsilon' = 0^s,\overline{046}^2 + 0^s,\overline{240}^2 \sin^4\frac{\delta}{2} + 0^s,\overline{017}^2 \,\text{séc}^2\,\delta$$

Ainsi, à la vitesse équatoriale ($\delta = 0$), l'erreur moyenne accidentelle d'un passage est respectivement

$$\pm\, 0^s,074 \text{ et } \pm\, 0^s,049.$$

La méthode E l'emporte ici de beaucoup en précision sur la méthode Œ-O; pour séc $\delta = 3$, on trouve que les deux procédés sont équivalents : au voisinage du pôle, l'erreur converge vers

$$0^s,016 \,\text{séc}\,\delta \text{ et } 0^s,017 \,\text{séc}\,\delta,$$

valeurs faibles, qui démontrent le bon fonctionnement de l'appareil.

Dans les déterminations faites au grand instrument, la qualité des images varie avec les conditions atmosphériques. On a donc noté cette qualité depuis 1, images à peu près inobservables, jusqu'à 5, images très bonnes.

Voici les formules représentatives de l'erreur accidentelle se rapportant à la qualité 4 ; elles sont basées sur des observations faites à 11 vitesses différentes, depuis séc $\delta = 1$ jusqu'à séc $\delta = 54$: il s'agit d'étoiles de 5ᵉ à 6ᵉ grandeur.

$$\text{Œ-O..}\quad \varepsilon^2 = 0^s,\overline{071}^2 + 0^s,\overline{100}^2 \sin^2\frac{\delta}{2} + 0^s,\overline{017}^2 \,\text{séc}^2\,\delta$$

$$\text{E......}\quad \varepsilon'^2 = 0^s,\overline{039}^2 + 0^s,\overline{220}^2 \sin^4\frac{\delta}{2} + 0^s,\overline{018}^2 \,\text{séc}^2\,\delta$$

On remarque d'abord que ces coefficients ne sont pas sensiblement différents de ceux qui se rapportent au petit instrument (images 5) ; la qualité des images fait donc compensation à la faiblesse de l'ouverture de l'objectif.

La supériorité de la méthode E, dans la région équatoriale, s'affirme encore d'une façon remarquable, bien que la valeur fournie par l'autre méthode soit inférieure à la plupart des chiffres publiés par divers auteurs. Ce n'est que vers séc $\delta = 3$ que la précision obtenue par les deux procédés devient sensiblement la même.

Il y a lieu maintenant d'indiquer l'influence de la qualité des images sur la précision des observations. Elle ressort suffisamment du Tableau suivant, qui donne le rapport des carrés des erreurs moyennes répondant aux qualités 3 et 4.

séc δ	Œ-O	E
1. . .	1,2	1,4
3. . .	1,4	1,5
9. . .	1,6	1,7
40. . .	1,6	1,8

Il suit de là que la méthode E est plus que l'autre sensible au trouble des images, et que les étoiles à mouvement lent s'observent proportionnellement moins bien que les équatoriales, lorsqu'elles sont agitées.

Il est intéressant de rapprocher des résultats fournis par l'appareil à équation, ceux qui proviennent d'observations faites sur le ciel, dans des conditions météorologiques moyennes. Ici, la dispersion atmosphérique, le trouble des couches inférieures de l'atmosphère, interviennent pour déformer les images au voisinage de l'horizon et y faire croître rapidement l'erreur accidentelle ; il est dès lors nécessaire de rendre la formule représentative de cette erreur fonction de la distance zénithale z. J'ai reconnu que les formules proposées jusqu'ici, avec des termes contenant la première ou la deuxième puissance de *tang* z ou de *séc* z, manquent de généralité ; et j'ai tenu compte de la distance zénithale par un facteur de la forme $e^{d \tan g z}$ (e, base des log.

nép.). Mes observations de 1888, faites jusqu'à 88°,45 de distance zénithale, conduisent à l'expression :

$$\text{Œ-O..}\quad \varepsilon^2 = \left(\overline{0^s,061}^2 + \overline{0^s,097}^2 \sin^2\frac{\delta}{2} + \overline{0^s,023}^2 \operatorname{séc}^2\delta\right) e^{0,048 \operatorname{tang} z},$$

qui s'accorde d'une façon remarquable avec les données de l'observation dans toute l'étendue du méridien.

III. — ÉQUATION PERSONNELLE ET SES VARIATIONS.

Ce paragraphe donnera un aperçu des valeurs obtenues pour l'équation personnelle dans des conditions fort variées. Il n'a pas été observé moins de 25000 passages; mais les nombreux tableaux où sont groupés les résultats ne sauraient trouver place ici.

On examinera seulement les déterminations faites à la grande lunette. En ce qui concerne le petit instrument, il suffira de dire que les valeurs tirées de son emploi diffèrent notablement, à cause de la plus grande épaisseur angulaire des fils, de ceux qui se rapportent au grand; on ne peut donc, en général, de l'équation personnelle déterminée à un instrument donné, conclure celle qui est applicable aux observations faites, dans les mêmes conditions extérieures, à un autre instrument de dimensions différentes.

Voici d'abord les valeurs normales de mon équation personnelle, c'est-à-dire celles qui se rapportent aux observations d'étoiles de 5e à 6e grandeur, faites la nuit, dans le sens direct — droite à gauche, avec un grossissement de 130.

L'ensemble des déterminations poursuivies pendant plus de six mois donne :

Œ-O.... — $0^s,30$. E..... — $0^s,13$.

Ainsi, dans la première méthode, je fixe l'étoile à $0^s,30$ en

arrière de la position qu'elle occupe réellement à l'instant de chaque battement du compteur; dans la méthode E, je presse la touche en retard de $0^s,13$.

La différence d'équation entre les deux méthodes est confirmée par des observations célestes.

Je vais maintenant passer en revue les circonstances qui peuvent entraîner une variation de l'équation.

1° *Vitesse.* — Jusqu'à 80° de déclinaison, l'équation est constante dans les deux méthodes; au delà, elle tend vers 0.

2° *Sens du déplacement.* — Le changement de sens occasionne dans la méthode Œ-O une variation de $+0^s,05$ pour les vitesses les plus fortes; cette variation s'annule pour les circompolaires. Dans le procédé électrique, il n'y a pas de changement.

3° *Observations de jour.* — Le champ de la lunette est alors éclairé par la lumière diffuse, et les fils présentent une plus grande netteté. La méthode Œ-O ne donne lieu à aucune variation, tandis que la méthode E indique un changement bien accusé de $+0^s,07$ à la vitesse équatoriale : résultat important au point de vue de la détermination des ascensions droites absolues, qui exige la comparaison des observations de jour à celles de nuit.

4° *Position de l'observateur.* — Des prismes à réflexion, à 45° et à 90°, adaptés à un oculaire terrestre de $0^m,12$ de longueur, ont permis à l'observateur de prendre les positions correspondant aux directions suivantes : 90° et 45° au-dessus de l'horizon, 90° et 45° au-dessous. On a reconnu que la position de l'observateur est sans influence sensible.

5° *Grossissement de l'oculaire.* — Le grossissement étant porté à 250, c'est-à-dire à peu près doublé, on trouve, soit à

l'appareil à équation, soit sur le ciel, qu'à ce changement correspond une variation dans l'équation personnelle de — $0^s,04$ (Œ-O) et de — $0^s,05$ (E), en ce qui concerne les étoiles de déclinaison inférieure à 80°. Vers le pôle, pas de variation sensible. On ne gagne rien en précision, sauf lorsque les images sont exceptionnellement bonnes.

6° *Grandeur des étoiles.* — A l'aide de réseaux en treillis interposés au devant de l'objectif, on peut facilement réduire la grandeur focale des étoiles dans des proportions déterminées. Une première série de recherches sur le ciel conduit aux valeurs suivantes comme corrections à faire aux passages d'étoiles de différentes grandeurs, pour les rendre comparables à ceux des étoiles de sixième grandeur :

1re grandeur	. . .	+ $0^s,07$
2e —	. . .	+ 0,05
4e —	. . .	+ 0,03
$7^e,5$ —	. . .	— 0,01

Ces résultats sont confirmés par les suivants, qui ont été fournis par l'appareil à équation :

Grandeur.	Œ-O.	E.
1e	+ $0^s,075$	+ $0^s,055$
2e	+ 0,06	+ 0,045
4e	+ 0,03	+ 0,02
8e	— 0,02	— 0,03
$9^e,2$	— 0,03	— 0,05

On voit que ces écarts ont, de la première à la neuvième grandeur, une amplitude de plus de $0^s,10$. Rapprochés de ceux qu'ont obtenus deux de mes collègues à l'Observatoire de Lyon, trois observateurs de Leyde et deux de Washburn Observatory, ils permettent d'énoncer l'importante conclusion qui suit, et qui est pour la première fois formulée :

Les variations de l'équation personnelle relatives à la grandeur des étoiles sont de même sens et de même ordre pour tous les observateurs.

7° *Éclairement du champ.* — Sans influence sensible dans la méthode E. Dans l'autre procédé, les passages des étoiles de sixième grandeur sont notés, avec éclairement faible, de $0^s,02$ à $0^s,03$ *plus tôt* que dans le cas d'un éclairement brillant.

8° *Changement d'œil.* — Résultat négatif.

9° *Étoiles doubles.* — En général, lorsque la différence d'ascension droite des composantes est moindre que 1^s, on constate, dans les deux méthodes, une variation d'équation personnelle de $+ 0^s,03$ à $+ 0^s,05$. Dans la méthode Œ-O, l'estime du dixième est singulièrement gênée, et la précision laisse à désirer.

10° *Bords du Soleil ou de la Lune.* — On obtient comme changements de l'équation personnelle :

Bord	Œ-O	E
I	$+ 0^s,06$	$+ 0^s,11$
II	$+ 0,14$	$+ 0,13$

Les observations du Soleil exigent donc, pour être comparables à celles des étoiles, une correction relativement forte, et d'ailleurs différente pour chaque bord.

Comme précision, la méthode E donne de bien meilleurs résultats que l'autre, l'erreur moyenne est en effet de $\pm 0^s,044$ dans le premier cas, tandis qu'elle atteint $\pm 0^s,090$ dans le second.

11° *Planètes.* — Les résultats sont analogues à ceux qui concernent les passages du Soleil.

12° *Tache solaire.* — L'observation d'une tache sombre sur fond brillant donne lieu, comparativement aux étoiles, à une variation de l'équation personnelle atteignant :

Œ-O... + $0^s,13$ E..... + $0^s,12$

13° *Nébuleuses.* — Les nébuleuses et les comètes, lorsqu'elles sont relativement brillantes et observables avec fils noirs sur champ éclairé, sont observées à peu près comme les étoiles des premières grandeurs : le changement de l'équation personnelle est encore positif, + $0^s,03$ à + $0^s,06$.

Dans le cas de nébuleuses faibles, les passages s'observent mal, et la conclusion est qu'on doit alors recourir aux mesures micrométriques.

14° *Intervalle des battements du compteur.* — Si, au lieu d'un compteur à seconde, on emploie un chronomètre battant la demi-seconde et que l'on fixe la position de l'étoile à chaque battement, on arrivera à noter en réalité le vingtième de seconde, et il semble que l'observation devra gagner en précision : c'est en effet ce qui a lieu. Avec ce procédé, la méthode de l'œil et de l'oreille donne des résultats à peu près aussi précis que la méthode électrique. D'autre part, j'ai constaté que l'emploi d'un chronomètre à demi-seconde, ou mieux d'un pendule battant le centième de minute, abaissait mon équation de — $0^s,30$ à — $0^s,10$. Il sera intéressant de voir si ces résultats seront obtenus par d'autres observateurs.

IV. — ÉQUATION DÉCIMALE.

Quand on groupe les valeurs de l'équation personnelle d'après les dixièmes de seconde notés à l'observation, on constate que la correction n'est pas la même pour chaque fraction,

et que des différences notables existent entre les divers points de l'échelle décimale.

Si l'on considère, d'autre part, une longue série d'observations, où chaque dixième devrait se rencontrer le même nombre de fois, on est tout surpris de constater que certaines fractions surabondent au détriment de certaines autres. Voici un observateur qui, sur 1000 passages, trouve 190 fois les dixièmes 2 et 8, et seulement de 30 à 40 fois les dixièmes 4 et 6. Un autre note 250 fois 0, là où un troisième ne trouve que 35 fois ce chiffre.

L'équation décimale s'atténue en général lorsque les passages d'une étoile à plusieurs fils contiennent des dixièmes variés, ce qui est le cas général. Mais si par hasard le passage a lieu aux divers fils au même dixième de seconde, ou à un petit nombre de dixièmes consécutifs, elle peut prendre une importance considérable, et il est possible de trouver là la raison de certaines discordances au premier abord inexplicables.

La discussion détaillée de nombreuses observations conduit aux conclusions suivantes :

La loi d'évaluation du dixième varie d'un observateur à l'autre.

Pour un observateur non prévenu, l'équation décimale peut varier avec le temps sous l'influence de certaines circonstances, telles, par exemple, qu'un changement dans le plan général des observations.

Il suffit que l'attention de l'observateur soit appelée sur cette erreur, pour qu'aussitôt la loi d'évaluation du dixième soit modifiée en ses points les plus défectueux.

Parmi les circonstances indépendantes du temps qui peuvent faire varier l'équation décimale, il faut noter : la grandeur de l'instrument, le sens du déplacement, la forme apparente de l'astre, et, à un degré moindre, la vitesse.

C'est en grande partie à l'équation décimale qu'il faut rapporter les variations de l'équation personnelle totale avec le sens du déplacement, ou les différences d'équation relatives aux passages des deux bords des astres à diamètre apparent.

On peut indiquer comme causes de l'équation décimale :

1° Une habitude défectueuse, un défaut d'éducation qui fait que l'observateur rapporte son estime à une échelle plus ou moins incorrecte;

2° L'astigmatisme de l'œil, qui peut nous faire estimer les fractions de droite proportionnellement plus grandes ou plus faibles que celles de gauche;

3° Le changement que peut amener dans le rythme mental le passage de l'étoile derrière le fil : l'observateur subit alors une sorte de gêne à suivre l'étoile, et accélère ou retarde le battement intérieur que sa pensée substitue au battement propre du compteur;

4° L'habitude qu'a souvent l'observateur d'évaluer certaines fractions, 1, 2, 3 ou 7, 8, 9, d'une façon absolue, au lieu de comparer entre elles les deux fractions complémentaires, celle qui précède le fil et celle qui le suit.

V. — ORIGINE DE L'ÉQUATION PERSONNELLE.

C'est Bessel qui établit le premier l'existence d'erreurs toutes personnelles; il les attribua au défaut de superposition de deux perceptions arrivant par des organes différents.

M. Faye a donné à cette explication une forme saisissante (1). Il compare l'esprit à un œil placé dans l'intérieur du cerveau : que les sensations soient de même nature, cet œil intérieur jugera aisément si elles sont successives ou simulta-

(1) *C. R. de l'Acad. des sc.*, LIX, 1864.

nées; mais si elles proviennent de sens différents, dont les nerfs aboutissent à des régions différentes du cerveau, l'œil intérieur aura besoin de se mouvoir pour passer d'une région à l'autre, et le temps ainsi employé ne sera pas perçu; ce temps perdu pourra s'élever à une seconde.

M. C. Wolf, l'éminent astronome de l'Observatoire de Paris, n'a pas adopté entièrement cette opinion (1). Selon lui, l'erreur telle que la conçoivent Bessel et M. Faye peut bien se rencontrer chez un débutant, dont l'éducation est imparfaite; mais il est facile de s'en affranchir par une éducation convenable, faite avec un appareil à équation personnelle.

En fait, M. Wolf avait au début de ses recherches une équation de $+ 0^s,30$; mais quelques mois d'exercice suffirent à la faire descendre à $+ 0^s,12$. Elle resta ensuite constante à ce point. Le mode de perception de la seconde fut changé : d'une part, l'expérimentateur se fit donner à chaque seconde de légères commotions dans les doigts; d'autre part, il fit marquer le temps par un éclair instantané illuminant de seconde en seconde le champ de la lunette : à $0^s,01$ ou $0^s,02$ près, il ne trouva pas de changement dans son équation personnelle.

A cette équation irréductible, dont l'observateur ne parvient pas à avoir conscience, M. Wolf attribue une origine physiologique, à savoir : la persistance rétinienne des impressions lumineuses. « Au moment précis, dit-il, où la seconde est perçue, l'œil voit l'étoile, non seulement dans la position qu'elle occupe réellement, mais encore dans toutes les positions occupées précédemment pendant un temps égal à la durée de l'impression lumineuse. En outre, l'impression reçue par l'œil à ce moment va persister encore pendant un second intervalle de temps égal au premier, et pendant lequel l'étoile parcourra toutes les positions symétriques des pre-

(1) *Ann. de l'Obs. de Paris,* Mém., VIII, 1866.

mières. D'ailleurs, *pour l'œil,* chacun des intervalles correspond à un intervalle de temps indivisible. L'observateur pourra donc rapporter la position de l'étoile, au moment où la seconde est perçue par lui, à l'un quelconque des points compris entre les limites que je viens de poser. »

A l'appui de cette explication, M. Wolf rapporte l'expérience suivante. Sur le chariot de l'appareil à passages artificiels, on dispose une plaque percée de trois petites ouvertures, rapprochées et situées sur la même verticale. Celle du milieu est éclairée d'une façon continue, les deux extrêmes sont illuminées seulement durant un court instant à chaque seconde. Au repos, on juge, à l'apparition simultanée des trois points, qu'ils sont effectivement en ligne droite; mais pendant le mouvement, M. Wolf a toujours vu le point central se projeter *en avant* des deux autres. Comme son équation est positive, c'est-à-dire qu'il fixe l'étoile *en avant* de sa position vraie, il lui paraît que dans les deux cas, expérience et observation, la cause du déplacement apparent est la même. Il donne à entendre qu'un observateur dont l'équation serait négative pourrait voir le point central en retard par rapport aux deux extrêmes.

Or, il est facile de montrer que l'expérience précédente comporte une autre interprétation. On peut s'assurer que la déviation apparente est très faible, et d'ailleurs toujours de même sens, — en avant: c'est ainsi que je l'ai vue, bien que mon équation, — $0^s,30$, diffère totalement en grandeur et en signe, de celle de M. Wolf. On obtient une mesure assez précise de cette déviation en procédant comme suit : on place le point central un peu en arrière de la ligne des deux autres, à une distance que l'on peut mesurer exactement par des pointés micrométriques, et on cherche quelle vitesse il faut donner au chariot pour obtenir la compensation entre la déviation réelle et la déviation apparente due au mouvement, c'est-à-dire pour

arriver à voir les étoiles en ligne droite. On trouve ainsi que la projection apparente correspond seulement à un parcours d'une durée de 0^s,015 à 0^s,020.

Il s'agit là évidemment de la *période latente* de la sensation lumineuse, dont l'existence est admise par les physiologistes, mais sur laquelle on n'a pas jusqu'à présent d'indications précises : les émissions instantanées ont à vaincre l'inertie des éléments sensitifs, tandis que cette cause de retard n'existe pas avec l'image continue.

C'est aussi par la considération de la période latente que s'explique le résultat d'une autre de nos expériences :

Lorsqu'un point lumineux en mouvement jaillit sur le bord d'un écran opaque, le point d'émersion paraît rejeté en avant du bord de l'écran, à une distance correspondant à l'espace parcouru en 0^s,02 à 0^s,03 ; l'apparition est d'ailleurs progressive.

Pour en revenir aux vues de M. Wolf, on voit qu'elles ne sont nullement justifiées par l'expérience précitée.

D'ailleurs, il ne semble pas que l'explication de M. Wolf puisse convenir aux équations *positives*. L'opération qui consiste à estimer la distance de l'étoile au fil est provoquée par une impression auditive ; si on écarte, comme le veut M. Wolf, toute « paresse de l'esprit », toute « erreur de jugement », cette opération se fait instantanément, et il est évident que l'attention ne peut alors se porter que sur la position réelle à ce moment, ou sur un des points du parcours *antérieur* correspondant à la durée de la persistance rétinienne.

Voilà pour le sens de l'erreur. Voyons maintenant la durée de l'impression.

D'expériences faites avec un miroir tournant, M. Wolf conclut que cette durée, dans le cas d'images comparables à celles des étoiles, peut atteindre 0^s,16 ; mais dans ses expériences, les impressions se succèdent au même point de la rétine et

le résultat annoncé paraît peu net. L'expérience suivante est plus concluante.

Dans une plaque rigide portée à l'extrémité d'un pendule, on perce quatre petites ouvertures en ligne droite sur une diagonale; en avant, se trouve une fente verticale fixe. Met-on le pendule en mouvement, on perçoit dans la lunette les images de quatre étoiles artificielles (4 - 5e grandeur) se succédant près l'une de l'autre sur une même verticale. L'intervalle de succession se déduit facilement de l'écartement horizontal des ouvertures et de l'amplitude du pendule. Eh bien ! on trouve qu'il n'est pas possible d'apercevoir simultanément les quatre images tant que les deux extrêmes sont séparées par un intervalle supérieur à $0^s,06$, et encore, à cette limite, l'intensité des images est-elle fort inégale. En doublant cette vitesse, on juge encore de l'ordre dans lequel se succèdent les apparitions.

Je ne pense donc pas que la persistance des impressions lumineuses puisse rendre compte d'une équation personnelle de plus de $0^s,04$ à $0^s,05$; et il est entendu que cette équation ne peut être que négative.

Cet autre fait est en opposition avec les assertions de M. Wolf: quoique forte, mon équation est bien fixée. Pendant deux mois, j'ai poursuivi mes recherches dans l'ignorance complète de sa valeur; mais lorsque je l'ai connue, rien n'a été changé, mon équation a conservé en moyenne sa valeur de $-0^s,30$ dans toutes les déterminations subséquentes.

De toutes façons, l'explication de M. Wolf est donc insuffisante.

Les expériences que je vais rapporter jetteront peut-être quelque jour sur cette question. Je me borne à citer ici les résultats obtenus, le dispositif expérimental sera décrit ailleurs.

Voici d'abord ce qui concerne l'influence du mode de percep-

tion de la seconde; il s'agit de sensations de courte durée se succédant de seconde en seconde. On obtient pour valeurs de l'équation personnelle:

Par l'ouïe	— $0^s,30$
Par le toucher (langue). .	— 0,30
Par la vue	— 0,22

Ainsi, on constate un changement bien accusé lorsque le temps est marqué par des émissions lumineuses.

Mais les signaux donnant la notion du temps sont jusqu'ici exactement rythmés, se succédant à intervalles réguliers d'une seconde. On supprime maintenant toute espèce de rythme, et on compare la position de l'étoile à un signal isolé; on trouve alors:

Par l'ouïe.	— $0^s,15$
Par le toucher	— 0,15 ±
Par la vue	0,00

Ainsi, la suppression du rythme fait varier mon équation personnelle de + $0^s,15$ dans le cas où la seconde est *entendue* ou *sentie,* et l'annule lorsque la seconde est *vue.*

L'observateur longuement exercé compte la seconde d'une façon machinale; peu à peu, il arrive à substituer au battement du compteur un battement intérieur parallèle au premier, mais ne concordant pas toujours avec lui. Ainsi il ressort des chiffres précédents que je rapporte l'estime de la position de l'étoile à un battement mental *précédant* systématiquement celui du compteur de quinze centièmes de seconde. Il n'est pas douteux que d'autres observateurs *retardent* sur la pendule, au lieu d'*anticiper,* comme c'est mon cas. Lorsque j'observe avec un phénomène lumineux, je me rends bien compte que j'ai comme la sensation d'un battement intérieur dont la succession est réglée par celle des émissions lumineuses, et la différence de phase existe encore comme dans le cas précédent.

Lorsque le rythme du compteur est plus précipité, que l'observation a lieu avec un chronomètre battant la demi-seconde, ou un pendule le centième de minute, mon équation, ainsi que je l'ai montré plus haut, s'abaisse de — $0^s,30$ à — $0^s,10$ ou — $0^s,12$: je suis de plus près le compteur.

L'erreur de rythme éliminée, il ne reste pas d'autre erreur sensible dans le cas où la seconde est *vue:* c'est qu'alors la comparaison a lieu entre perceptions de même nature. Au contraire, lorsqu'il s'agit de comparer une perception visuelle à une perception auditive, il y a défaut de coordination entre les deux, et l'impression visuelle paraît arriver, en ce qui me concerne, en *retard* de $0^s,15$ au centre de comparaison. En somme, l'explication de Bessel trouve ici son application.

Il est possible que chez certains observateurs une mollesse habituelle de l'attention entraîne un certain retard à fixer la position de l'astre après la perception du battement. L'attention ne paraît pas en défaut chez moi, puisque j'observe exactement avec un signal lumineux. En tout cas, le défaut d'attention ferait voir l'étoile *en avant* de sa position vraie, un retard dans les transmissions cérébrales, *en arrière;* mais celui-ci paraît l'emporter en général : sur quatre personnes qui se sont prêtées à mon expérience, deux voient l'étoile de $0^s,00$ à $0^s,02$ *en arrière* de sa position réelle, les deux autres de $0^s,06$ à $0^s,07$ dans le même sens ; il semble que mon cas, $0^s,15$ en arrière, soit un peu exceptionnel. Cette équation d'ordre psycho-physiologique est donc loin d'atteindre au chiffre de 1^s dont parle M. Faye.

Il est à croire que l'équation personnelle de M. Wolf est principalement constituée par une erreur de rythme, réduite d'ailleurs par l'éducation préalable, son équation psycho-physiologique étant faible.

Une particularité importante à constater, c'est que le retard

physiologique est moindre lorsque l'astre observé a un diamètre sensible : étoiles de première grandeur, nébuleuses, pics lunaires. C'est surtout dans le cas où l'image est négative, point noir sur fond brillant, que le changement est remarquable ; mon équation psycho-physiologique tombe alors de $- 0^{s},15$ à $- 0^{s},02$ ou $- 0^{s},03$.

Il semblerait donc que les transmissions nerveuses et cérébrales des impressions lumineuses subissent un retard moindre lorsque la surface affectée est plus large.

Je ne reviendrai sur l'équation décimale que pour dire qu'elle cède vite à une éducation appropriée, et pour faire remarquer que, par suite de la compensation qui s'opère entre dixièmes différents, elle a plutôt un caractère accidentel qu'un caractère systématique. Il n'est pas probable que sa valeur moyenne, c'est-à-dire sa partie constante, excède les limites $\pm 0^{s},05$.

En résumé, dans la méthode de l'œil et de l'oreille, l'équation personnelle peut se décomposer de la façon suivante ; j'essaye d'indiquer les limites de chaque composante :

E. rythmique	$+ 0^{s},30$ à $- 0^{s},20$
Persistance rétinienne.	0,00 à $-$ 0,05
E. psycho-physiologique.	$+$ 0,05 à $-$ 0,20
Constante de l'équation décimale.	$+$ 0,05 à $-$ 0,05
Limites générales.	$+ 0^{s},40$ à $- 0^{s},50$
Différence des extrêmes. . .	$0^{s},90$

On a constaté entre observateurs différents des écarts s'élevant à $0^{s},8$.

Je passe maintenant à l'équation personnelle dans la méthode électrique.

L'observateur doit presser une touche à l'instant où il juge l'image de l'étoile bissectée par le fil.

D'abord, il peut mal apprécier cette bissection, et prendre l'habitude d'agir lorsque l'axe du fil occupe certaine position excentrique par rapport à l'image observée, par exemple lorsque le bord du disque stellaire arrive en contact avec l'un ou l'autre bord du fil.

Cette erreur de bissection mise à part, il y a lieu de considérer les cas suivants :

1° Ou bien l'observateur cherche à faire coïncider le passage de l'étoile avec le bruit sec de la touche : dans ce cas, il y a comparaison de deux perceptions de nature différente (vue, ouïe), et ce qui a été dit plus haut de l'équation psycho-physiologique est applicable ici.

2° Ou bien l'observateur, sans se préoccuper du bruit de la touche, est déterminé à la presser par la perception du passage. Dans ce cas, il y a nécessairement *retard* dans la transmission de l'impression à travers les nerfs et les divers centres intéressés : attention, volonté, centre moteur, etc. Les physiologistes ont déterminé la durée de processus semblables, et voici la moyenne des résultats obtenus par les dix expérimentateurs cités dans les *Nouveaux éléments de physiologie humaine* de M. Beaunis ; il s'agit du temps que l'on met à répondre par une pression sur une touche à des excitations instantanées :

Son	0^s,149
Excitation tactile.	0,146
Lumière.	0,196

Ces nombres ne s'appliquent pas entièrement, sans doute, aux observations astronomiques, où l'impression déterminante, au lieu d'être soudaine, est prévue et où l'attention est sollicitée par avance. Mais ils montrent bien, comme nous l'avons constaté précédemment, qu'une impression lumineuse se transmet en général moins vite qu'une impression tactile ou auditive.

Une expérience directe m'a d'ailleurs montré que dans la comparaison de deux phénomènes instantanés dont l'un est un bruit sec et l'autre une apparition lumineuse (étoile), celui qui s'adresse à la vue doit en moyenne précéder de $0^s,05$ à $0^s,06$ celui qui affecte l'ouïe, pour que je les juge simultanés.

En tout cas, le processus envisagé ne pourra occasionner qu'un retard. Comme, dans un tableau de valeurs relatives à divers observateurs, l'équation de bissection doit être de sens quelconque, il en résulte qu'au total les équations négatives doivent prédominer dans la méthode électrique. C'est effectivement ce que l'on constate : pour 31 observateurs, la moyenne est $-0^s,05$; une seule valeur est supérieure à $+0^s,10$, tandis que 4 vont au delà de $-0^s,20$; les extrêmes sont $+0^s,14$ et $-0^s,27$, en écart de $0^s,41$.

Il y a loin, comme on voit, de ces résultats aux affirmations des inventeurs de la méthode électrique, qui s'étaient flattés de réduire par leur procédé les équations personnelles à un petit nombre de centièmes de seconde.

RELATIONS

DES

PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES

DÉDUITES

DE LEURS VARIATIONS DIURNES ET ANNUELLES

PAR

Ch. André

Directeur de l'Obvervatoire de Lyon.

INTRODUCTION

Dans les pages qui suivent, nous avons discuté et comparé les résultats des observations soit directes, soit enregistrées, faites à l'Observatoire de Lyon (Saint-Genis-Laval) depuis le mois de décembre 1880, époque à laquelle on a commencé à y installer un système d'observations météorologiques qui s'est depuis graduellement développé.

Une pareille étude d'ensemble est nécessaire à divers points de vue. Non seulement elle permet d'apercevoir les relations qui unissent les différents phénomènes météorologiques ; mais elle permet aussi de classer les précautions prises pour assurer l'exactitude des observations et de simplifier, tout en leur laissant leur rigueur pratique, les règles imposées aux observateurs.

CHAPITRE PREMIER

PRESSION BAROMÉTRIQUE

L'appareil adopté à l'Observatoire de Lyon pour l'enregistrement de la pression barométrique est le baromètre enregistreur du système Rédier; on relève la courbe qu'il donne d'heure en heure et l'on corrige les nombres ainsi obtenus à l'aide d'observations absolues faites, à des heures convenablement choisies, à un baromètre Tonnelot comparé aux instruments normaux du Bureau central météorologique.

On peut donc, à l'aide de ces relevés réduits, étudier soit la marche annuelle, soit la marche diurne de la pression barométrique.

I. — Année moyenne.

La pression barométrique (réduite à 0°) moyenne des différents mois d'une année type, résultant de la période décennale considérée, est donnée par le tableau suivant :

	mm		mm		mm
Décembre.	737,51				
Janvier . .	738,36	Hiver . . .	737,72		
Février . .	737,27				
Mars. . . .	734,43				
Avril. . . .	731,86	Printemps.	733,78		
Mai	733,06				
Juin. . . .	736,12			Année.	736,11
Juillet. . .	736,63	Été.	736,46		
Août. . . .	736,62				
Septembre.	736,79				
Octobre . .	735,96	Automne .	736,48		
Novembre.	736,67				

On voit ainsi que la pression barométrique, maximum en janvier, décroît ensuite d'une façon continue jusqu'en avril, où elle passe par son minimum absolu; après avoir crû assez rapidement jusqu'en juin, elle reste ensuite sensiblement stationnaire jusqu'en octobre, tout en montrant cependant les traces d'une oscillation dont le minimum correspond au mois d'août et le maximum en septembre; elle passe alors par une nouvelle période décroissante, qui l'amène en octobre à un minimum relativement faible; vient ensuite une nouvelle marche ascendante qui la conduit jusqu'au maximum de janvier.

En résumé, au point de vue barométrique, les deux portions de l'année dont les limites correspondent aux deux équinoxes sont à Lyon (Saint-Genis) bien différentes l'une de l'autre : la période froide, qui s'étend de l'équinoxe d'automne à l'équinoxe de printemps, est caractérisée par une oscillation très nette et importante de la pression, le minimum et le maximum n'étant séparés l'un de l'autre que par un intervalle de trois mois, quoique l'amplitude de l'oscillation soit de $6^{mm}5$; pendant la plus grande partie de la période

chaude, c'est-à-dire de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne, la pression barométrique est au contraire presque stationnaire et, si l'on y soupçonne des traces d'oscillations, elles sont pour ainsi dire insensibles.

La moyenne barométrique annuelle, telle qu'elle résulte à l'Observatoire de la période décennale considérée, est d'ailleurs égale à

$$736^{mm}11.$$

II. — Jour moyen.

A l'aide des relevés horaires des dix années d'observation écoulées de 1880 à 1890, on a déterminé pour chaque heure d'un jour moyen fictif mensuel et annuel la valeur de la pression barométrique. Mais au lieu de ces valeurs elles-mêmes, on a inscrit pour plus de clarté, dans le tableau ci-joint, les différences de chaque valeur horaire à la valeur moyenne diurne; ces différences sont d'ailleurs exprimées en millièmes de millimètre et affectées du signe + quand la pression horaire est supérieure à la pression moyenne diurne. En outre, on a corrigé ces différences de l'effet de la marche annuelle que nous venons de constater dans la pression barométrique; c'est-à-dire que l'on a réparti proportionnellement au temps, sur toute l'étendue du jour, la différence qui existe pour chaque mois entre la valeur horaire correspondante à l'heure 0 et celle qui correspond à l'heure 24.

L'examen des nombres de ce tableau indique immédiatement le caractère doublement oscillatoire de la variation diurne de la pression barométrique; en les traduisant en courbes (pl. 1), on peut obtenir avec une exactitude bien suffisante les éléments principaux de cette variation.

HEURES	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Année
0	+14	+12	+15	+22	+20	+24	+23	+25	+20	+21	+13	+20	+19
1	+ 1	+ 1	+ 9	+20	+21	+16	+14	+18	+12	+15	+ 8	+ 6	+11
2	0	− 2	+ 3	+ 9	+17	+ 6	+ 4	+ 7	+ 5	+ 9	− 3	+ 3	+ 4
3	− 5	− 9	−12	− 8	+ 2	− 2	− 5	+ 3	− 1	+ 4	−17	− 9	− 6
4	−21	−24	−21	−15	− 2	− 5	− 4	+ 4	− 5	− 9	−21	−18	−12
5	−29	−33	−19	−13	0	+ 2	+ 5	+10	0	− 9	−18	−20	−11
6	−26	−29	−24	− 7	+14	+20	+17	+22	+12	+ 1	−13	−20	− 3
7	−17	−19	− 2	+17	+27	+30	+32	+40	+27	+16	+ 3	− 9	+11
8	+ 2	0	+20	+24	+36	+38	+41	+44	+34	+29	+24	+12	+25
9	+25	+26	+35	+35	+40	+37	+38	+37	+42	+40	+38	+24	+35
10	+48	+47	+47	+40	+41	+34	+33	+36	+40	+41	+40	+41	+40
11	+33	+45	+46	+33	+27	+25	+26	+30	+28	+30	+32	+32	+32
12	+ 3	+16	+14	+15	+ 5	+ 6	+ 8	+ 6	+ 9	+ 9	+10	+ 3	+ 9
13	−38	−19	− 8	−15	+15	−14	−14	−16	−12	−15	−20	−24	−17
14	−41	−37	−31	−37	−34	−31	−29	−30	−21	−34	−36	−40	−34
15	−34	−31	−40	−50	−53	−49	−44	−45	−40	−49	−39	−42	−43
16	−26	−24	−43	−56	−60	−47	−55	−57	−50	−56	−40	−36	−47
17	−22	−13	−36	−51	−58	−63	−62	−67	−58	−53	−30	−24	−44
18	0	0	−19	−31	−52	−56	−57	−65	−58	−44	−13	− 7	−34
19	+11	+11	− 5	−10	−33	−32	−41	−49	−40	−24	− 1	+ 3	−18
20	+17	+23	+ 1	+ 8	− 4	−11	−18	−26	− 7	+ 2	+10	+12	0
21	+22	+21	+10	+21	+13	+17	+15	+ 6	+ 8	+16	+21	+21	+16
22	+23	+21	+14	+28	+18	+25	+23	+18	+16	+22	+23	+25	+21
23	+24	+21	+15	+27	+21	+27	+25	+25	+20	+23	+16	+23	+22
24	+14	+12	+15	+22	+21	+25	+22	+26	+19	+21	+13	+20	+19

Heures tropiques.

La hauteur de la colonne mercurielle passe ainsi en un jour entier par deux maxima et par deux minima ; en voici les heures pour chaque mois :

	1er MINIM.	1er MAXIM.	2e MINIM.	2e MAXIM.	DURÉE de l'oscillation DIURNE	AMPL. de l'oscillation DIURNE	AMPL. de l'oscillation NOCTUR.
	h.	h.	h.	h.	h.	mm.	mm.
Décembre.....	5,1	10,0	14,0	22,6	8,9	0,89	0,57
Janvier.......	5,3	10,4	14,1	21,2	8,8	0,90	0,43
Février.......	4,4	10,5	15,9	24,0	11,5	0,91	0,42
Mars........	4,3	9,9	16,0	22,4	11,7	0,97	0,41
Avril.........	4,4	9.6	16,2	24,0	11,8	1,04	0,21
Mai..........	3,8	8,7	17,0	23,1	13.2	0,95	0,46
Juin..........	3,5	8,3	17,2	22,7	13,7	1,02	0,32
Juillet........	3,4	8,0	17,6	24,0	14.2	1,10	0.28
Août........	4,6	9,4	17,5	23,4	12,9	1,04	0,22
Septembre....	4,6	9,6	16,3	22,8	11,7	1,01	0,29
Octobre......	4,1	9,7	16,7	21,2	12,6	2,55	0,48
Novembre....	5,0	10,0	14,7	22,1	9,7	0,80	0,41
Année........	4,5	9,9	16,1	22,9	11,6	0,74	0,47

Les heures de ces minima et maxima sont très variables avec la saison de l'année. Ainsi, le premier minimum se déplace de 5 heures à 3 h. 1/2 ; ce premier minimum précède toujours le lever du soleil, mais la différence entre ces deux heures est bien plus considérable pendant la moitié froide de l'année que pendant la moitié chaude, de l'équinoxe du printemps à celui d'automne :

	h.		h.
Octobre . . .	2,2	Avril. . . .	0,8
Novembre. .	2,1	Mai.	0,7
Décembre . .	2,5	Juin	0,7
Janvier. . . .	2,2	Juillet . . .	1,0
Février. . . .	2,6	Août. . . .	0,4
Mars	1,9	Septembre.	1,1
Moyenne. . .	2,3	Moyenne. .	0,8

La différence est en moyenne trois fois plus considérable dans la saison froide que dans la saison chaude.

Les autres heures tropiques sont également variables sans qu'aucune loi apparente gouverne ces changements; aussi les durées des deux oscillations sont-elles même très variables; notre tableau donne les durées de l'oscillation diurne, c'est la différence entre les heures du second et du premier minimum (Celles de l'oscillation nocturne en seraient évidemment les compléments).

On voit que la durée de cette oscillation va en augmentant depuis le mois de janvier, où elle est minimum, jusqu'au mois de juillet, où elle atteint sa plus grande valeur; elle décroît ensuite d'une façon sensiblement continue jusqu'en janvier.

Amplitude des oscillations.

Il convient également de comparer les amplitudes des oscillations diurne et nocturne, c'est-à-dire des différences entre le premier maximum et le second minimum d'une part, et celle du second maximum et du premier minimum.

Leurs valeurs se trouvent dans les deux dernières colonnes du tableau précédent: l'oscillation diurne est toujours beaucoup plus considérable que l'oscillation nocturne, et dans l'ensemble de leurs valeurs, elles varient en sens inverse l'une de l'autre pendant le cours de l'année, la première étant maximum quand la seconde est minimum, et inversement. En outre, ces oscillations se partagent encore en deux groupes distincts séparés par les équinoxes: de l'équinoxe de printemps à celui d'automne, l'oscillation diurne a des valeurs voisines de 1^{mm} avec une valeur moyenne de $1^{mm}03$, et les valeurs de l'oscillation nocturne sont voisines de $0^{mm}30$ qui forme leur moyenne; de l'équinoxe d'automne à celui de printemps, c'est-à-dire dans la portion froide de l'année, l'oscillation

diurne s'écarte peu de $0^{mm}85$, sa valeur moyenne, et l'oscillation nocturne est voisine de $0^{mm}46$. Ainsi, l'oscillation diurne est plus considérable dans la portion chaude de l'année que dans la portion froide, et c'est l'inverse pour l'oscillation nocturne.

Passages par la moyenne.

En général, la pression barométrique passe quatre fois par jour par une valeur égale à la moyenne diurne; si l'une de ces heures de passage était sensiblement constante pendant toute l'année, ce fait aurait une assez grande importance, puisqu'il permettrait d'obtenir la pression barométrique moyenne au moyen d'une seule observation quotidienne. Ceci a lieu en effet pour le troisième passage par la moyenne, dont voici les heures dans les différents mois de l'année :

	h.		h.		h.
Décembre . .	12,1	Avril. .	12,3	Août. . . .	12,5
Janvier. . . .	12,5	Mai . .	12,4	Septembre.	12,4
Février. . . .	12,8	Juin . .	12,4	Octobre . .	12,3
Mars	12,5	Juillet.	12,3	Novembre .	12,1

La moyenne de toutes ces heures est très sensiblement

12 h. 4

avec des écarts maxima en plus ou en moins de

0 h. 4 et 0 h. 3

La moyenne d'observations barométriques, faites dans nos régions chaque jour à midi et demi, différerait donc fort peu de la pression barométrique moyenne réelle.

Troisième maximum.

Nous devons signaler l'existence dans les courbes moyennes des mois d'octobre, novembre, décembre et janvier d'une troisième oscillation de faible amplitude par rapport à celles que nous venons d'étudier et que nous avons appelée *troisième*

maximum (1), quoique en réalité il se produise le premier dans le jour moyen barométrique, et à des époques comprises entre 1 heure et 3 heures du matin; ce troisième maximum a sa valeur maximum en décembre et en janvier où l'amplitude de cette oscillation secondaire atteint 2 millimètres.

(1) *Influence de l'altitude sur la marche diurne du baromètre*, par Ch. ANDRÉ. Travaux de l'Observatoire de Lyon, I, p. 17.

CHAPITRE II

TEMPÉRATURE

Le thermomètre enregistreur de l'Observatoire de Lyon est du système Rédier; il se compose essentiellement d'un thermomètre bimétallique zinc et acier, dont les variations de longueur sont amplifiées par un levier et transmises ensuite au crayon enregistreur à l'aide d'un *train différentiel;* cet appareil est d'ailleurs trop connu aujourd'hui pour que j'en fasse une description détaillée. Les courbes qu'il donne sont relevées d'heure en heure et corrigées, au moyen d'observations directes convenablement espacées, soit des petites imperfections de l'enregistreur, soit de la différence de température sous l'abri de l'enregistreur et sous l'abri normal.

A l'aide des nombres ainsi obtenus pendant les dix années écoulées de 1880 à 1890, on a formé une année normale des saisons et des mois moyens, ainsi qu'une journée normale pour l'année et les mois qui la composent.

I. — Année moyenne.

Les températures moyennes des mois, des saisons et de l'année sont comprises dans le tableau suivant :

Décembre . .	2°34				
Janvier. . . .	1,04	Hiver . . .	2°20		
Février. . . .	3,23				
Mars.	5,92				
Avril.	9,52	Printemps.	9,79		
Mai.	13,92			Année .	10°22
Juin	17,13				
Juillet	19,59	Été.	18,53		
Août.	18,88				
Septembre. .	15,44				
Octobre . . .	9,43	Automne .	10,36		
Novembre . .	6,19				

Le mois le plus froid de l'année est le mois de janvier; la température moyenne de chaque mois croît régulièrement jusqu'en juillet, qui est le mois le plus chaud, et décroît ensuite d'une façon continue jusqu'en janvier.

La température moyenne de l'année, déduite de l'intervalle de temps considéré, est

10°2.

II. — Jour moyen.

Les variations de la température pendant la durée du jour moyen sont données par le tableau suivant où les heures sont comptées de o h. à 24 h., à partir de minuit.

HEURES	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Année
1	1.73	0.31	2.16	4.10	7.29	11.09	13.99	16.42	16.01	13.22	8.11	5.27	8.31
2	1.60	0.13	1.96	3.82	6.91	10.69	13.59	15.99	15.58	12.86	7.86	5.09	8.01
3	1.46	0.03	1.75	3.55	6.60	10.29	13.17	15.60	15.22	12.52	7.60	1.93	7.72
4	1.36	0.15	1.59	3.22	6.26	9.94	12.83	15.17	14.80	12.26	7.37	4.81	7.45
5	1.29	0.25	1.40	3.03	5.97	9.91	13.16	15.25	14.51	11.93	7.12	4.66	7.33
6	1.17	0.35	1.29	2.81	6.18	10.85	14.28	16.35	15.09	11.82	6.90	4.58	7.58
7	1.19	0.25	1.30	3.24	7.37	12.18	15.75	17.88	16.65	13.04	7.28	4.72	8.36
8	1.14	0.32	1.51	4.15	8.52	13.43	16.86	19.10	17.94	14.39	8.06	5.00	9.15
9	1.62	0.19	2.37	5.49	9.87	14.60	18.20	20.43	19.46	15.82	9.27	5.77	10.26
10	2.41	0.97	3.41	6.67	11.02	15.66	19.20	21.50	20.60	17.07	10.41	6.72	11.30
11	3.15	1.78	4.27	7.75	12.01	16.61	20.14	22.41	21.71	18.07	11.39	7.46	12.23
12	3.80	2.36	5.03	8.54	12.63	17.35	20.91	23.33	22.57	18.90	12.11	8.15	12.97
13	4.11	2.85	5.66	9.11	13.01	17.80	21.20	23.72	23.07	19.33	12.49	8.57	13.41
14	4.20	3.11	5.99	9.57	13.37	18.10	21.54	24.08	23.53	19.69	12.72	8.71	13.72
15	3.95	3.00	5.97	9.68	13.27	18.12	21.41	23.95	23.54	19.56	12.55	8.46	13.62
16	3.39	2.49	5.56	9.28	12.86	17.75	20.98	23.69	23.16	19.09	11.89	7.72	13.45
17	3.02	1.95	4.95	8.61	12.29	17.25	20.48	23.20	22.55	18.26	10.93	7.05	12.55
18	2.76	1.61	4.15	7.54	11.37	16.29	19.51	22.42	21.43	16.90	10.19	6.64	11.73
19	2.56	1.43	3.71	6.74	10.28	15.03	18.35	21.17	19.96	15.92	9.64	6.33	10.93
20	2.39	1.23	3.37	6.14	9.58	13.89	17.00	19.67	18.89	15.22	9.27	6.12	10.23
21	2.32	1.12	3.17	5.72	9.12	13.25	16.27	18.89	18.24	14.74	9.02	5.97	9.82
22	2.11	0.90	2.87	5.29	8.60	12.57	15.49	18.07	17.52	14.24	8.75	5.73	9.34
23	1.96	0.73	2.59	4.91	8.19	12.08	14.94	17.49	16.96	13.85	8.43	5.52	8.97
24	1.79	0.62	2.34	4.56	7.82	11.65	14.51	16.99	16.45	13.52	8.17	5.29	8.64

Heures tropiques.

Les nombres de ce tableau, ou les courbes qui en sont les représentations graphiques (pl. 2), montrent que, en chacun des mois de l'année, la température passe pendant la durée du jour moyen par un seul minimum et par un seul maximum, dont les heures sont données ci-dessous :

	MINIMUM	LEVER DU SOLEIL	MAXIMUM	PASSAGE A LA MOYENNE	
	h.	h.	h.	h.	h.
Décembre	7,2	7,6	13,7	9,9	20,4
Janvier	7,0	7,5	14,2	10,1	21,2
Février	6,6	7,0	15.5	9,9	20,4
Mars	5.9	6,2	14,8	9,4	20,5
Avril	5,4	5,2	14,3	8,7	20,1
Mai	4,6	4,5	14,6	8,4	20,0
Juin	4,2	4,2	14,1	8,2	19,9
Juillet	4,5	4,4	14,1	8,4	20.1
Août	5,1	5,0	14,8	8,6	20,0
Septembre	5,8	5,7	14,3	8,7	19,4
Octobre	6,2	6,3	14,2	9,2	19,4
Novembre	6,2	7,1	13,9	9,5	19,7
ANNÉE	5,1		14,4	9,0	20,0

En chaque mois, le maximum de température a lieu sensiblement à la même heure, voisine de 2 heures de l'après-midi; la moyenne de ces heures est de 14 h. 3, et l'écart maximum à cette moyenne de 0^h6. Quant au minimum, l'heure où il se produit est très variable avec la saison, mais toujours très voisine de celle du lever du soleil, pour tous les mois où elle est bien déterminée. La comparaison de ces deux heures montre d'ailleurs que pendant les mois d'avril, mai, juin, juillet, août et septembre, le minimum de température

suit le lever du soleil de o h. 1 en général; dans les sept autres mois, au contraire, le minimum précède le lever du soleil, et parfois d'un intervalle de temps assez notable.

Passages par la moyenne.

Par suite, la température passe en un jour deux fois par sa valeur moyenne, une fois le matin et une fois le soir.

L'heure du premier passage par la moyenne est un peu variable avec la saison; mais à ce point de vue, l'ensemble de l'année est divisé, par les deux équinoxes, en deux groupes de mois assez nets. Dans les six mois qui s'étendent de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne, l'heure de ce passage est toujours voisine de 8 h. 5, moyenne des six valeurs, avec un écart absolu o h. 2 moindre qu'un quart d'heure. Pour le second groupe, s'étendant de l'équinoxe d'automne à l'équinoxe de printemps, les heures de passages, d'ailleurs plus différentes entre elles, ont pour moyenne 9 h. 7; et, la moyenne de leurs écarts absolus à cette valeur est de o h. 6, c'est-à-dire triple de celle qu'elle a dans le premier cas.

Le second passage à la moyenne se fait à des heures beaucoup plus rapprochées l'une de l'autre pour les différents mois; leur moyenne est 20 h. 1, et l'écart moyen absolu ne dépasse pas o h. 4. Les deux groupes de mois que nous venons de considérer subsistent d'ailleurs encore ici, mais avec une différence bien moins nette. Dans le premier groupe, la moyenne des heures de passage est 19 h. 9, avec un écart absolu moyen de o h. 2; et dans le second, la moyenne est de 20 h. 2, avec un écart absolu moyen de o h. 3.

Quoi qu'il en soit, il paraît résulter de cette discussion que si l'on veut, à l'aide d'une observation quotidienne unique, obtenir dans nos régions la température moyenne d'un lieu,

il convient de faire cette observation le soir, à 8 heures pendant toute l'année, ou si l'on préfère observer le matin, prendre l'heure de 8 h. 1/2, de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne, et celle de 9 h. 1/2, de l'équinoxe d'automne à l'équinoxe de printemps.

Amplitude moyenne.

Une donnée importante est encore l'amplitude de la température dans le jour moyen de chaque mois; mais ici il y a lieu de distinguer entre l'amplitude *régulière* déduite de l'enregistreur et l'amplitude *totale* qui résulte des maxima et minima directement observés. En effet, ces maxima et ces minima proviennent bien souvent de variations brusques de la température, variations qui l'abaissent très rapidement, parfois de un et même deux degrés, mais qui durent fort peu, en telle sorte que la courbe de la température reprend bientôt après son allure antérieure; en d'autres termes, ces maxima et minima sont souvent pour ainsi dire dus à des variations accidentelles de la courbe : aussi, on en tient bien rarement compte dans l'utilisation de la courbe obtenue avec notre enregistreur, et en tout cas cette variation est presque toujours fort atténuée dans la courbe enregistrée.

Voici les valeurs mensuelles de l'amplitude régulière :

Décembre. . . .	3°09	Juin.	8°75
Janvier	3°53	Juillet.	9°02
Février	4°77	Août	9°09
Mars	6°88	Septembre . . .	7°90
Avril	7°43	Octobre	5°83
Mai.	8°37	Novembre. . . .	4°14

Les rapports de ces différentes valeurs à celles de l'amplitude totale ont pour moyenne 0°75 et, quoique un peu plus

faibles en hiver qu'en été, s'écartent fort peu de ce nombre. On peut donc dire qu'en moyenne l'amplitude régulière n'est que les *trois quarts* de l'amplitude totale.

III.— Températures extrêmes.

Aux renseignements tirés de la connaissance de ces variations de la température moyenne à Lyon (Saint-Genis), il convient d'apporter ceux que nous donne la comparaison des températures extrêmes observées simultanément dans les trois stations que l'Observatoire possède, à Lyon-Parc, à Saint-Genis et au sommet du Mont-Verdun. Ces trois stations forment, en effet, trois types différents auxquels on peut rapporter presque tous les centres habités de notre région.

Nous utiliserons pour cette comparaison l'ensemble des observations faites simultanément en chacun de ces points depuis 1880 : les abris qui protègent les thermomètres y sont les mêmes et du système dit *de Montsouris ;* on les a installés à l'origine, et conservés depuis dans des conditions ambiantes absolument analogues ; enfin, la correction qu'indique le thermomètre fronde aux mêmes heures dans ces trois stations sont en moyenne tout à fait comparables, et peuvent en conséquence être négligées dans la comparaison de leurs données simultanées. Cette étude doit donc être considérée comme la continuation de celle que nous avons publiée en 1888, sous le titre : *Influence de l'altitude sur la température* (1).

Ainsi que nous le disions alors, nous n'admettons comme maximum correspondant à une date donnée, que celui qui se

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon,* vol. XXIX de la classe des sciences.

produit pour cette date entre 9 heures du matin et 9 heures du soir, et comme minimum correspondant à la même date, que celui qui a eu lieu entre le minuit et le midi de ce jour. Il peut donc arriver que certains jours soient considérés comme n'ayant pas de maximum ou de minimum; ces jours sont éliminés du calcul pour chacune des stations, celui-ci ne se rapportant pour chacune d'elles qu'aux jours *complets*, c'est-à-dire présentant à la fois un maximum et un minimum tels que nous venons de définir.

Minima.

A l'aide de ces dix années d'observation formons une sorte d'*année minima moyenne* pour chacune des trois stations, année moyenne donnée par la moyenne des minima moyens des différents mois. Nous aurons ainsi les valeurs suivantes qui sont d'ailleurs traduites en courbes (pl. 3).

	PARC DE LA TÊTE-D'OR	SAINT-GENIS-LAVAL	MONT-VERDUN
Décembre	— 0°30	+ 0°02	— 0°91
Janvier	— 1,81	— 1,59	— 2,10
Février	— 0,51	+ 0,18	— 1,10
Mars	+ 1,22	+ 1,94	+ 0,69
Avril	+ 4,97	+ 5,36	+ 3,80
Mai	+ 8,58	+ 9,23	+ 7,69
Juin	+ 11,69	+ 12,32	+ 10,79
Juillet	+ 13,65	+ 14,59	+ 13,21
Août	+ 12,75	+ 13,97	+ 12,35
Septembre	+ 10,39	+ 11,09	+ 10,26
Octobre	+ 5,37	+ 5,86	+ 5,04
Novembre	+ 2,87	+ 3,30	+ 2,62

La discussion des nombres de ce tableau, ou l'examen des courbes qui le représentent, mettent en évidence ce fait remar-

quable, que l'année minima moyenne du parc de la Tête-d'Or est toujours comprise entre les années correspondantes à Saint-Genis-Laval et au Mont-Verdun. En d'autres termes, la température de l'année minima moyenne du parc de la Tête-d'Or est toujours inférieure à l'année minima moyenne de Saint-Genis-Laval. En moyenne, il fait constamment plus froid, au moment du minimum, à la station du parc de la Tête-d'Or qu'à la station de Saint-Genis-Laval, et la différence, qui est en moyenne de 0°62, atteint à très peu près 1° pendant les mois de juillet et août, où elle est maximum. La station du parc de la Tête-d'Or est donc un *centre de froid* par rapport aux collines environnantes.

Hiver	— 0°87	Parc de la Tête-d'Or : Année + 5°74.
Printemps	+ 4,92	
Été	+ 12,63	
Automne	+ 6,21	
Hiver	— 0,46	Saint-Genis-Laval : Année + 6°36.
Printemps	+ 5,51	
Été	+ 13,63	
Automne	+ 6,75	
Hiver	— 1,34	Mont-Verdun : Année + 5°22.
Printemps	+ 4,06	
Été	+ 12,12	
Automne	+ 5,97	

Il convient d'ailleurs de remarquer que pendant le mois de septembre, les trois courbes minima sont très voisines les unes des autres, et sensiblement confondues, surtout pour le Parc et le Mont-Verdun.

Maxima.

Les années maxima moyennes de trois stations sont données par les nombres du tableau suivant, et représentées en courbes dans la pl. 3.

	PARC DE LA TÊTE-D'OR	SAINT-GENIS-LAVAL	MONT-VERDUN
Décembre........	5°51	5°06	3°58
Janvier...........	4,40	3,67	2,44
Février...........	8,08	6,87	4,23
Mars.............	12,10	10,94	7,54
Avril.............	16,29	14,99	11,38
Mai..............	21,07	19,87	16,40
Juin..............	24,43	23,36	19,96
Juillet............	26,84	25,96	22,45
Août.............	25,82	25,11	21,47
Septembre........	21,89	21,18	17,73
Octobre..........	14,67	23,82	10,91
Novembre........	10,21	9,57	7,31

La discussion de ces nombres, tout aussi bien que l'examen des courbes qui les représentent, montrent que, en moyenne, les températures maxima de chaque mois vont constamment en décroissant lorsqu'on s'élève, depuis le Parc jusqu'au sommet du Mont-Verdun.

Remarquons d'ailleurs que, pendant les mois de novembre et de décembre, les différences entre les températures maxima du Parc et de Saint-Genis sont moindres que pendant les autres mois de l'année.

Le minimum de différence entre les deux autres stations et celle du Mont-Verdun est au contraire atteint pendant les mois de décembre et de janvier.

D'abord, il pe[illegible]
l'habitude d'agir [illegible]
excentrique par [illegible]
lorsque le bord d[illegible]
ou l'autre bord d[illegible]

Cette erreur d[illegible]
sidérer les cas s[illegible]

1° Ou bien l'ob[illegible]
sage de l'étoile a[illegible]
y a comparaison [illegible]
ouïe), et ce qui a [illegible]
siologique est ap[illegible]

2° Ou bien l'ob[illegible]
la touche, est d[illegible]
passage. Dans c[illegible]
transmission de [illegible]
centres instrum[illegible]
Les physiologi[illegible]
[illegible]

Maxima.

...nées maxima moyennes de trois stations sont don-... les nombres du tableau suivant, et représentées en ... dans la pl. 3.

	PARC DE LA TÊTE-D'OR	SAINT-GENIS-LAVAL	MONT-VERDUN
...nbre........	5°51	5°06	3°58
...r..........	4,40	3,67	2,44
...r..........	8,08	6,87	4,23
....	12,10	10,94	7,54
....	16,29	14,99	11,38
....	21,07	19,87	16,40
....	24,43	23,36	19,96
...t..........	26,84	25,96	22,45
....	25,82	25,11	21,47
...embre.......	21,89	21,18	17,73
...bre..........	14,67	23,82	10,91
...embre.......	10,21	9,57	7,31

... discussion de ces nombres, tout aussi bien que l'examen ...ourbes qui les représentent, montrent que, en moyenne, ...empératures maxima de chaque mois vont constamment ...écroissant lorsqu'on s'élève, depuis le Parc jusqu'au som-... du Mont-Verdun.

...emarquons d'ailleurs que, pendant les mois de novembre ...de décembre, les différences entre les températures maxima ... Parc et de Saint-Genis sont moindres que pendant les ...tres mois de l'année.

Le minimum de différence entre les deux autres stations et ...elle du Mont-Verdun e... contraire atteint pendant les ...mois de décembre et de j...

Il montre que l'amplitude diurne moyenne de chaque mois va graduellement en diminuant à mesure que l'altitude augmente ; mais les variations de ces deux quantités sont loin d'être proportionnelles. Ainsi, tandis qu'entre le Parc et Saint-Genis-Laval la diminution moyenne annuelle d'amplitude est de 1°74 pour une variation de 125 mètres dans la hauteur, cette diminution est un peu moindre, 1°59, entre Saint-Genis et le Mont-Verdun, pour une augmentation de hauteur égale à 325 mètres. De même, la loi de variation de l'amplitude dans le cours de l'année présente quelques différences d'une station à l'autre : ainsi, la durée de la période pendant laquelle elle est voisine de son maximum, qui a lieu pendant la saison d'été, diminue à mesure que l'altitude de la station est plus considérable ; tandis qu'au contraire la durée de sa période de minimum, lequel se produit en hiver, augmente avec cette même altitude.

Conclusion.

Cette discussion montre que, dans chacune des stations considérées, la marche de la température a une allure spéciale, ne dépendant pas uniquement de l'altitude de cette station, mais commandée en outre par l'ensemble des conditions topographiques qui lui sont particulières. Aussi, doit-on être très prudent et très réservé sur les conclusions générales à tirer de la comparaison des températures moyennes d'un petit nombre de points, quand même ces températures seraient, comme dans le cas actuel, obtenues par la combinaison d'un nombre d'années assez considérable.

IV. — Coefficients de Kaëmtz.

Définition.

Dans un grand nombre de stations météorologiques, les observations thermométriques, dont on dispose chaque jour, se réduisent à celles du maximum et du minimum; ces données ont évidemment une grande importance, mais elles ne suffisent point pour la comparaison de leurs climats. Pour pouvoir faire avec sécurité cette comparaison, il conviendrait d'y ajouter la valeur de la température moyenne diurne. Il importe donc d'avoir un procédé qui permette de déduire cette dernière de l'ensemble des deux premières.

Au premier abord, on est porté à admettre que la température moyenne diurne μ d'une date donnée, n'est autre que la moyenne arithmétique du maximum M et du minimum m correspondants; mais l'expérience montre qu'il n'en est pas ainsi. En réalité, la température moyenne diurne dépend aussi du mode de variation de la température pendant cette journée; en particulier elle doit dépendre de la différence entre le minimum et le maximum, c'est-à-dire de l'*amplitude diurne* de la température.

Aussi, on a cherché à représenter la température moyenne diurne μ par l'expression

$$\mu = \frac{M + m}{2} + \varepsilon (M - m)$$

ε étant un coefficient à déterminer par l'observation; or, cette expression équivaut à :

$$\mu = m + \left(\frac{1}{2} + \varepsilon\right) (M - m),$$

et, si l'on pose,

$$a = \frac{1}{2} + \varepsilon,$$

$$\mu = m + a\,(M - m)$$

où a est ce que l'on appelle le *coefficient de Kaëmtz* et a pour valeur

$$a = \frac{\mu - m}{M - m}$$

Valeurs de Kaëmtz et Angot.

La voie que l'on a suivie pour arriver à cette formule montre que, selon toute probabilité, le coefficient a doit varier avec toutes les circonstances qui font varier l'amplitude de l'oscillation elle-même, et par conséquent avec la saison et les conditions topographiques du lieu d'observation. Les déterminations mêmes de Kaëmtz, et qui sont déduites de séries d'observations faites à Padoue, Halle, Gœttingue et Leith, démontrent la variabilité de ce coefficient avec la saison ; aussi, ce savant météorologiste dit (1) : « les valeurs de ce coefficient « de réduction doivent varier suivant les lieux et même sui- « vant les jours ; il serait à désirer qu'elles fussent cherchées « par des observateurs assidus, en beaucoup de points du « globe suffisamment éloignés les uns des autres. »

Depuis cette époque, M. A. Angot a calculé les valeurs du coefficient a à l'aide de sept années d'observations faites au parc Saint-Maur (2).

Nous donnons ci-après, dans un même tableau, ces valeurs et celle de Kaëmtz.

(1) KAEMTZ. Cours complet de météorologie. — Traduction de Martins, p. 21.

(2) *Marche diurne de la température, de la pression barométrique et de l'humidité sous le climat de Paris*, par A. ANGOT. Annales du bureau central météorologique de France, année 1880, vol. I.

MOIS	VALEURS DE KAEMTZ	VALEURS DE M. A. ANGOT
Janvier	0,507	0,453
Février	0,476	0,432
Mars	0,475	0,436
Avril	0,466	0,439
Mai	0,459	0,461
Juin	0,453	0,457
Juillet	0,462	0,457
Août	0,451	0,447
Septembre	0,433	0,432
Octobre	0,447	0,432
Novembre	0,496	0,444
Décembre	0,521	0,461

L'accord de ces deux séries de nombres, assez satisfaisant du mois de mai au mois d'octobre, n'existe plus pour les six autres mois. Il semble donc que, suivant le désir de Kaëmtz, il soit utile de revenir sur ce genre de déterminations.

Valeurs pour Lyon.

C'est ce que nous avons fait en étudiant les observations effectuées par l'Observatoire de Lyon de 1880 à 1890, au parc de la Tête-d'Or (alt. 174^m), et à Saint-Genis-Laval (alt. 299^m, à 10 kilomètres au sud du Parc).

D'ailleurs, pour relier ces nouveaux résultats à ceux déjà obtenus à l'aide de quatre années d'observations (1), nous avons suivi la même marche de calcul, c'est-à-dire que nous n'avons fait servir à la détermination des coefficients que les jours où l'on disposait d'un maximum et d'un minimum dans

(1) *Influence de l'altitude sur la température*, par Ch. ANDRÉ. Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon, vol. XXIX, de la classe des sciences.

les trois stations à la fois, c'est-à-dire, suivant nos conventions, où dans chaque station le maximum était compris entre 9 heures du matin et 9 heures du soir et le minimum entre minuit et midi. Nous avons été ainsi conduits aux nombres du tableau suivant, à côté desquels nous avons inscrit les

MOIS	PARC DE LA TÊTE-D'OR		SAINT-GENIS-LAVAL		MONT-VERDUN
	NOUVEAU	ANCIEN	NOUVEAU	ANCIEN	ANCIEN
Janvier..............	0,428	0,414	0,465	0,479	0,435
Février..............	0,457	0,454	0,432	0,445	0,431
Mars................	0,463	0,476	0,441	0,447	0,442
Avril................	0,491	0,484	0,450	0,453	0,425
Mai..................	0,491	0,491	0,453	0,462	0,448
Juin..................	0,482	0,459	0,445	0,444	0,393
Juillet..............	0,478	0,475	0,454	0,454	0,433
Août................	0,492	0,487	0,457	0,456	0,434
Septembre...........	0,449	0,432	0,436	0,432	0,424
Octobre............	0,441	0,421	0,439	0,438	0,438
Novembre..........	0,434	0,431	0,427	0,444	0,427
Décembre............	0,441	0,453	0,419	0,456	0;454

valeurs obtenues autrefois dans ces deux stations, ainsi que dans celle du Mont-Verdun.

Au parc de la Tête-d'Or, la concordance des deux séries de nombres est suffisante, sauf pendant le mois de juin pour lequel, coïncidence assez remarquable, le coefficient de Kaëmtz a au sommet du Mont-Verdun une valeur de beaucoup inférieure à celles qui correspondent aux autres mois; pour la station de Saint-Genis-Laval, au contraire, les nombres des deux séries cessent de concorder dans les mois de novembre et de décembre. Quoi qu'il en soit de ces discordances, qu'explique pour ces deux mois ce fait que le plus grand nombre de jours éliminés se caractérisent par une faible amplitude diurne de la température, le tableau qui

précède montre que non seulement ces valeurs diffèrent beaucoup de celles de Kaëmtz et de M. A. Angot, mais que leurs différences d'une station à l'autre sont à peu près du même ordre que la différence de l'une d'elles avec celles des deux séries précédentes.

Dans ces conditions, il importe de se rendre compte d'abord de l'influence que peut avoir sur ces coefficients le mode particulier de réduction que nous avons employé; c'est-à-dire de traiter chaque station indépendamment des autres et de faire entrer dans le calcul tous les jours *complets* qu'on y a constatés. Nous avons réuni dans le tableau suivant, les valeurs ainsi calculées pour les deux stations, en y ajoutant, pour la commodité de la discussion, les nombres de M. Angot et ceux que donne pour le Mont-Verdun ce nouveau mode de calcul.

Pour le mont Mont-Verdun, l'accord des deux séries est complet; c'est en effet dans cette station que se trouvent la plupart des jours incomplets; mais, quant au reste, les nombres de ce tableau sont encore assez différents les uns des autres : et, si les valeurs et les variations des coefficients relatifs à Saint-Genis-Laval s'approchent assez de ceux qui proviennent des observations du parc Saint-Maur, il en est tout autrement pour ceux qui correspondent au parc de la Tête-d'Or.

Cependant, son examen indique un fait curieux et qu'on ne saurait, ce me semble, attribuer au hasard : dans les quatre séries de coefficients mensuels, la valeur du coefficient de septembre est presque rigoureusement la même; au Mont-Verdun seul elle diffère des autres. Cette identité de valeurs doit conduire à admettre, pour le mois de septembre, une analogie assez grande du climat dans les différentes stations dont les observations ont été utilisées pour le calcul des séries ci-dessus.

MOIS	PARC DE LA TÊTE-D'OR Coefficient	PARC DE LA TÊTE-D'OR Cᵉ à 0,500	ST-GENIS-LAVAL Coefficient	ST-GENIS-LAVAL Cᵉ à 0,500	MONT-VERDUN Coefficient	MONT-VERDUN Cᵉ à 0,500	PARC ST-MAUR Coefficient	PARC ST-MAUR Cᵉ à 0,500	KAEMTZ
Janvier.......	0,467	33	0,477	23	0,436	64	0,453	47	0,507
Février.......	0,460	40	0,439	61	0,427	73	0,432	68	0,476
Mars..........	0,481	19	0,446	54	0,442	58	0,436	64	0,475
Avril.........	0,484	16	0,448	52	0,426	74	0,439	61	0,466
Mai...........	0,492	08	0,453	47	0,457	43	0,461	39	0,459
Juin..........	0,484	16	0,441	59	0,395	105	0,457	43	0,453
Juillet........	0,480	20	0,450	50	0,432	68	0,457	43	0,462
Août..........	0,490	10	0,452	48	0,444	56	0,447	53	0,451
Septembre....	0,434	66	0,435	65	0,422	78	0,432	68	0,433
Octobre	0,445	55	0,443	57	0,438	62	0,432	68	0,447
Novembre....	0,452	48	0,442	58	0,438	62	0,444	56	0,496
Décembre.....	0,473	27	0,442	58	0,434	66	0,461	39	0,521
Moyennes..		30		53				55	

Différences entre ces nombres et ceux de Kaëmtz.

D'autre part, les quatre stations du parc de la Tête-d'Or, de Saint-Genis-Laval, du Mont-Verdun et du parc Saint-Maur se différencient très nettement de celles utilisées par Kaëmtz. En effet, la formule qui donne la température moyenne μ peut aussi s'écrire

$$\mu = \frac{M + m}{2} - (0,500 - a)(M - m)$$

par conséquent, dans les quatre premières stations, où le coefficient a est toujours moindre que 0,500, la demi-somme du maximum et du minimum diurne est toujours supérieure à la température moyenne ; dans les stations qu'a utilisées Kaëmtz, ceci n'a pas lieu pour les mois de décembre et de janvier.

On conçoit donc qu'il y ait intérêt à discuter les valeurs

obtenues en différentes stations, à ce nouveau point de vue ; à savoir :

Que doit-on retrancher, dans chacune d'elles, à la demi-somme du maximum et du minimum, pour obtenir la température moyenne diurne ? Il est bien clair que la valeur de ce terme soustractif change avec chacun des mois de l'année, c'est d'ailleurs ce que montrent les chiffres du tableau précédent ; mais il faut remarquer que :

1° La moyenne des termes correctifs qui correspond à une amplitude déterminée (M—*m*) de la température est sensiblement la même pour le parc Saint-Maur et Saint-Genis-Laval, et correspond à

0°5

pour dix degrés d'amplitude thermique.

Au sommet du Mont-Verdun la moyenne de ces termes correctifs a une valeur un peu supérieure au correspondant

0°6

pour dix degrés d'amplitude thermique.

2° Pour le parc de la Tête-d'Or, cette même moyenne n'est à fort peu près que la moitié du nombre qui précède ; en outre, pour certains mois, comme les mois de mai et d'août, la valeur de ce terme correctif correspondant à la même amplitude thermique ne dépasse pas 0°1.

C'est là une nouvelle preuve d'une singularité déjà signalée par nous (1) dans le climat du parc de la Tête-d'Or, et par conséquent, de la plaine lyonnaise, par rapport aux plateaux qui l'environnent.

Mode d'emploi.

En présence de ces différences dans les valeurs des coefficients, il y a lieu de se demander quel doit être leur mode

(1) *Influence de l'altitude sur la température*, par Ch. André.

d'emploi. En particulier, ces coefficients peuvent-ils servir à calculer la température moyenne d'un jour déterminé ? La

MOIS	COEFFICIENTS DE LYON						COEFFICIENTS DU PARC SAINT-MAUR			
	PARC DE LA TÊTE-D'OR			SAINT-GENIS			PARC DE LA TÊTE-D'OR		SAINT-GENIS	
	Temp. moyenne		O-C	Temp. moyenne		O-C	Temp. calculée	O-C	Temp. calculée	O-C
	Calculée	Observée		Calculée	Observée					
1889 Décembre, 3.	—5°2	—4°9	0°3	—4°7	—5°9	1°2	—5°2	0°3	—4°8	1°1
1890 Janvier, 7.	2,3	1,6	1,0	5,0	4,4	0,6	2,3	0,7	4,7	0,3
— Février, 11.	—1,4	—0,1	1,3	—0,1	—0,3	0,2	2,0	2,1	—0,5	0,2
— Mars, 17.	7,2	7,5	0,3	7,8	6,7	1,1	6,7	0,8	7,6	0,9
— Avril, 21.	10,1	9,7	0,6	8,5	8,0	0,5	9,7	0,0	8,2	0,2
— Mai, 26.	17,3	17,1	0,2	17,4	15,6	1,8	17,1	0,0	17,2	1,6
— Juin, 30.	14,2	15,6	1,4	14,3	16,2	2,1	13,9	1,7	14,0	2,2
— Juillet, 14.	17,7	18,9	1,2	17,8	18,5	1,3	17,2	1,7	17,5	1,0
— Août, 11.	22,6	21,1	1,5	22,5	21,7	0,8	22,2	1,1	22,2	0,5
— Septembre, 8.	15,6	15,0	0,6	14,5	14,5	0,1	15,0	0,0	14,1	0,4
— Octobre, 5.	12,5	10,4	2,1	13,0	13,0	0,0	11,7	1,3	12,4	0,6
— Novembre, 16.	8,9	8,7	0,2	9,3	8,8	0,5	8,7	0,0	9,1	0,3
Moyennes.......			0,89			0,83		0,81		0,78

réponse à cette question se trouve dans le tableau ci-dessus, qui renferme la température moyenne calculée pour un jour pris au hasard dans chacun des mois de l'année météorologique 1889-90, au moyen des nouveaux coefficients obtenus au Parc et à Saint-Genis-Laval et aussi avec ceux de M. A. Angot, au parc Saint-Maur.

Les moyennes indiquées au bas du tableau, qui sont celles des valeurs absolues des différences, sont, comme on le voit, sensiblement égales ; on doit donc en conclure que, pour l'obtention de cette température moyenne isolée, le choix d'un

coefficient est chose indifférente. En d'autres termes, aucun d'eux ne convient et l'on ne saurait obtenir ainsi, avec précision, la valeur de la température moyenne diurne d'un jour isolé.

En est-il de même si l'on s'adresse à la moyenne d'une série d'observations assez nombreuses ? Pour s'en assurer, on a procédé de deux manières :

1° On a calculé la température moyenne des différents mois

MOIS	ON SE SERT DES COEFFICIENTS					
	ANCIENS			NOUVEAUX		
	TEMP. MOYENNE		C.-O.	TEMP. MOYENNE		C.-O.
	Calculée	Observée		Calculée	Observée	
1883 Décembre..	1°23	1°02	+ 0°21	1°57	1°22	+ 0°35
1884 Janvier.....	4,58	4,39	+ 0,29	4,28	4,04	+ 0,24
— Février	7,02	6,74	+ 0,28	7,04	6,71	+ 0,33
— Mars.......	8,15	8,29	+ 0,14	8,54	8,48	+ 0,06
— Avril.......	10,24	9,92	+ 0,32	10,15	9,92	+ 0,23
— Mai........	16,09	16,04	+ 0,05	16,05	16,02	+ 0,03
— Juin	15,98	15,80	+ 0,18	15,96	15,81	+ 0,15
— Juillet......	20,62	20,73	+ 0,11	20,66	20,68	+ 0,02
— Août.	20,63	20,84	— 0,21	20,62	20,84	— 0,22
— Septembre .	16,28	16,22	+ 0,06	15,88	16,02	— 0,14
— Octobre....	10,16	9,91	+ 0,25	10,23	9,91	+ 0,32
— Novembre..	4,65	4,40	+ 0,25	4,33	4.13	+ 0,20
Moyennes....			0,20			0,19

d'une année de la série décennale, au moyen des deux systèmes de valeurs trouvées, pour ces coefficients, au parc de la Tête-d'Or. L'erreur de ces déterminations est beaucoup moindre que pour une observation isolée, et sensiblement la même pour les deux séries de nombres. Il faut remarquer, en outre, qu'en général les deux systèmes de coefficients donnent des températures moyennes un peu trop élevées.

2° Procédant comme si l'on voulait déduire une année moyenne de la série décennale qui précède, on a calculé les températures moyennes d'un certain nombre de jours pris dans les différentes saisons, 15 janvier, 15 avril, 15 juillet, 15 octobre, et l'on a comparé les valeurs ainsi obtenues aux valeurs résultant de l'observation directe.

Voici cette comparaison :

Avec les coefficients obtenus au moyen de tous les jours complets de chaque station, on a

Dates.	Calcul.	Observation.	C.-O.
15 janvier.........	— 0°82	— 0°70	— 0°12
15 avril...........	9,62	9,49	+ 0,13
15 juillet.....	21,17	21,49	— 0,32
15 octobre.........	8,55	8,57	— 0,02

Avec les coefficients qui proviennent des seuls jours complets simultanés dans les trois stations :

Dates.	Calcul.	Observation.	C.-O.
15 janvier.........	— 0°98	— 0°70	— 0°28
15 avril...........	9,70	9,49	+ 0,21
15 juillet..........	21,16	21,49	— 0,33
15 octobre........	8,51	8,57	— 0,06

Les seconds coefficients conviennent moins que les premiers; et, avec ceux-ci, la valeur de la température moyenne ainsi déterminée ne diffère sensiblement de la température vraie que pendant les mois d'été. Il est donc fort probable qu'avec une série un peu plus étendue d'observations, de 20 à 25 ans par exemple, on aurait des nombres qui, en toutes saisons, seraient sensiblement exacts. C'est le procédé que nous avions employé dans nos *Recherches sur le climat du Lyonnais*.

Conclusion.

En résumé, les coefficients de Kaëmtz, obtenus à l'aide de moyennes de séries d'observations, ne doivent être employés que dans la confection des moyennes d'observations assez nombreuses; et, dans ce cas, ils peuvent rendre de réels services, mais on doit en proscrire l'emploi quand il s'agit d'observations isolées. Il convient d'ailleurs de faire servir à leur détermination l'ensemble des observations dont on dispose.

CHAPITRE III

VENT

Deux éléments sont importants à considérer dans l'étude du régime des vents, leur vitesse et leur direction ; chacun d'eux utilise d'ailleurs un instrument spécial ; nous les traiterons donc séparément l'un de l'autre.

A. — VITESSE

L'anémomètre dont nous nous servons pour déterminer la vitesse du vent se compose d'un moulinet Robinson dont les nombres de tours sont inscrits électriquement au moyen d'une roue dont le limbe est formé par une bande isolante traversée par quatre barrettes métalliques communiquant avec l'axe de la roue. Ces barres viennent, pendant la rotation de la roue, frotter successivement contre un balai métallique fixe, communiquant avec l'un des pôles d'une pile dont le second pôle est à la terre ; si l'axe de la roue communique lui-même avec la terre, un courant se produira à chaque fois qu'une barrette frottera contre le balai ; d'ailleurs, ce contact sera nécessairement unique pour chaque barrette, et en outre, pendant un temps déterminé, la durée de fermeture

du circuit, et par suite d'usure de la pile, sera sensiblement constante, le nombre des courants émis pendant ce temps étant d'autant plus grand, par suite de l'augmentation de la vitesse du vent et de la rotation du moulinet, que par suite de cette même vitesse de rotation la durée de chacun d'eux est moindre.

Les courants ainsi émis sont reçus par un électro-aimant dont l'armature commande le crayon inscripteur qui avance ainsi de $0^{mm}5$ à chaque contact; mais d'une part toutes les dix minutes le crayon est ramené au zéro par un rappel spécial, et d'autre part la transmission du courant à l'armature se fait au moyen d'une roue métallique dans le limbe de laquelle on a encastré des lames isolantes, de telle façon que sur chaque quart d'heure le courant ne soit transmis que pendant ces dix minutes.

Au moyen de cet appareil on a donc, non pas la vitesse à un instant donné, mais une quantité qui semble devoir être proportionnelle à la vitesse moyenne de chaque quart d'heure successif de la journée.

Nous réunissons par une courbe continue les extrémités des ordonnées successives ainsi données par la marche de l'appareil, et c'est cette courbe que nous traitons comme si elle représentait réellement la courbe des vitesses du vent. Quoique ces données diffèrent évidemment un peu de la réalité, leur étude n'en doit pas moins conduire à une idée générale et approchée des variations de la vitesse horizontale du vent.

C'est pourquoi nous avons cru pouvoir nous en servir pour obtenir, à ce point de vue et en procédant comme pour les autres éléments météorologiques, une année et un jour moyens normaux que nous avons soumis à une discussion analogue.

I. — Année moyenne.

La vitesse horizontale moyenne du vent exprimée en mètres à la seconde est donnée pour chacun des mois de l'année moyenne par les nombres suivants :

Décembre. .	3^m60	Hiver	3^m54	Année . .	3^m6
Janvier . . .	3 22				
Février . . .	3 80				
Mars	4 87	Printemps. .	4 38		
Avril	4 42				
Mai	3 86				
Juin.	3 41	Été	3 29		
Juillet. . . .	3 37				
Août.	3 10				
Septembre. .	3 04	Automne . .	3 18		
Octobre. . .	3 40				
Novembre .	3 10				

Soit pour l'année une vitesse horizontale moyenne à la seconde de

$$3^m6.$$

ou environ 13 kilomètres à l'heure.

Cette vitesse horizontale moyenne a d'ailleurs une variation annuelle marquée : elle est maximum vers l'équinoxe du printemps, et tout en variant assez peu pendant les huit mois qui s'étendent de juin à février, elle passe cependant vers l'équinoxe de septembre par un minimum assez accentué. Ainsi, dans nos régions le vent est relativement fort de mars à avril, tandis que les mois de septembre et d'août correspondent en moyenne à une période de calme relatif.

Ajoutons cependant que ce calme relatif doit être considéré

comme s'étendant jusqu'au mois de janvier pendant lequel la vitesse horizontale du vent n'est guère plus considérable qu'en septembre.

Quoi qu'il en soit, en se bornant aux maxima et minima principaux, on peut dire que le maximum et le minimum de la vitesse horizontale du vent précèdent d'environ trois mois le maximum et le minimum de température, les premiers correspondant aux équinoxes, tandis que les seconds correspondent aux solstices. On doit conclure de là que la variation annuelle du vent n'est point un effet direct de la variation annuelle de la température; sa cause immédiate paraît être une variation dans la fréquence des bourrasques influençant nos régions, dont le maximum serait à l'équinoxe du printemps et le minimum à l'équinoxe d'automne.

II. — Jour moyen.

Avec les données de l'enregistreur on a construit de même pour chaque mois et pour l'année entière un jour moyen. Au lieu des nombres eux-mêmes qui donnent les éléments de variations de ce jour moyen, on a inscrit (en centimètres) dans le tableau qui suit les différences entre ces nombres et leurs valeurs moyennes; l'examen du tableau est peut-être ainsi plus facile.

D'autre part, il est facile de traduire graphiquement tous ces résultats. On voit alors, ce que montre d'ailleurs aussi le tableau précédent, qu'aucune des courbes représentatives n'est absolument régulière, pas même celle qui représente les variations diurnes de la vitesse du vent dans le jour moyen fictif qui correspond à l'année et qui par suite est déduit de l'ensemble des dix années d'observation.

Ce fait paraît indiquer que le fractionnement du temps en quarts d'heure, tel que notre appareil mesureur le fait, cor-

HEURES	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Année
1	−32	−25	−18	− 49	− 44	− 35	−46	− 55	−45	−23	−34	−21	−36
2	−26	−19	−17	− 60	− 53	− 42	−53	− 53	−39	−25	−14	−14	−35
3	−31	−31	−19	− 71	− 81	− 67	−63	− 73	−55	− 60	−27	−25	−50
4	−19	−36	−12	− 79	− 94	− 61	−60	− 83	−48	−48	−28	−15	−49
5	−17	−38	− 9	− 86	−110	− 83	−82	−104	−63	−63	−41	−36	−61
6	− 3	−36	−15	− 91	− 88	− 79	−83	−101	−77	−60	−34	−25	−58
7	−10	−38	−37	− 95	− 81	− 52	−51	− 73	−66	−65	−55	−41	−55
8	− 7	−29	−48	− 51	− 35	− 15	−17	− 36	−27	−26	−34	−38	−30
9	0	−26	−34	− 26	+ 2	+ 6	− 2	− 3	− 0	− 6	+22	−25	− 8
10	+18	− 7	−10	+ 39	+ 51	+ 22	+44	+ 36	+31	+37	+28	+ 8	+25
11	+23	− 1	+10	+ 59	+ 82	+ 56	+48	+ 64	+57	+52	+28	+34	+43
12	+61	+20	+41	+113	+106	+ 84	+75	+ 95	+74	+79	+46	+50	+70
13	+38	+27	+59	+117	+ 98	+101	+70	+108	+80	+78	+41	−62	+73
14	+28	+50	+79	+137	+106	+107	+90	+128	+96	+91	+57	+59	+86
15	+ 9	+30	+64	+118	+ 90	+ 75	+90	+126	+87	+61	+25	+43	+68
16	− 6	+16	+58	+108	+103	+ 69	+97	+117	+85	+57	+12	+29	+62
17	+ 6	+ 9	+ 8	+ 47	+ 45	+ 43	+57	+ 69	+46	+13	−29	+ 7	+27
18	− 7	+18	+ 5	+ 14	+ 14	+ 31	+37	+ 44	+14	+11	−16	+ 5	+14
19	+ 2	+14	−16	− 17	− 33	− 28	−16	− 4	−15	−13	−26	− 1	−13
20	+ 2	+23	0	− 21	− 29	− 26	−23	− 28	−19	− 9	− 5	+10	+10
21	− 3	+17	+ 7	− 30	− 16	− 34	−45	− 29	−30	−15	− 8	− 8	−16
22	+ 1	+18	+15	− 23	+ 2	− 10	−28	− 21	−25	− 4	− 7	−16	− 8
23	−19	+ 9	−14	− 30	− 14	− 26	−33	− 17	−33	− 3	− 7	−17	−17
24	− 9	+ 2	+14	− 28	− 9	− 26	−24	− 19	−26	−12	−15	−23	−15

respond à des intervalles trop grands et dans lesquels l'ensemble des variations accidentelles du vent n'arrivent point à se compenser. Quoi qu'il en soit, il est néanmoins facile de juger à l'aide de ces courbes de la marche générale de la variation de la vitesse du vent, soit dans l'année, soit dans chacun des mois.

Jour moyen type.

Le premier examen du tableau précédent montre qu'il y a grande analogie entre lui et celui qui donne les variations diurnes de la température dans les mêmes jours moyens fictifs. Pour bien marquer cette analogie, nous avons placé sur la même planche (pl. 2) ces deux systèmes de courbes.

Dans le jour moyen fictif correspondant à l'année et déduit par suite des dix années d'observations, jour que nous prenons pour type de comparaison, le maximum de la vitesse horizontale du vent a lieu sensiblement à 2 heures de l'après-midi, comme le maximum de la température: le minimum de vitesse du vent est beaucoup moins bien déterminé, mais néanmoins on peut affirmer que son heure ne diffère pas beaucoup de 5 heures du matin, heure avec laquelle se confond sensiblement celle du minimum de température.

De même que la température, la vitesse horizontale du vent passe deux fois par jour par sa valeur moyenne, le matin vers 9 heures et le soir vers 8 heures; ce sont aussi les heures auxquelles dans le jour moyen annuel, la température passe par sa valeur moyenne: une différence dans la marche des deux variations réside en ce que la variation de la vitesse du vent au voisinage du maximum est beaucoup plus grande comparativement à celle qui avoisine le minimum que cela n'a lieu pour la température.

Comparons maintenant à ce jour moyen type ceux qui correspondent aux différents mois de l'année.

Amplitude diurne.

Dans la plupart des mois de l'année la variation de la vitesse du vent autour du minimum est peu nette et irrégulière, et l'on ne peut en réalité avoir l'heure du minimum avec assez d'exactitude pour en tirer parti ; autour du maximum, au contraire, les variations sont en général bien indiquées et l'heure de ce phénomène peut en général être déterminée d'une façon assez précise. Dans chacun des mois, cette heure est toujours très voisine de celle du maximum de la température.

La durée de l'oscillation diurne de la vitesse du vent ne peut donc point être obtenue avec nos données : il en est autrement de l'amplitude de cette oscillation, elle a pour les différents mois les valeurs suivantes en centimètres :

Décembre. . .	99	Hiver.	105	Année . .	179
Janvier	88				
Février. . . .	127				
Mars	232	Printemps . .	213		
Avril	216				
Mai.	190				
Juin	180	Été	195		
Juillet.	232				
Août	173				
Septembre . .	156	Automne. . .	123		
Octobre . . .	112				
Novembre . .	103				

L'amplitude de l'oscillation diurne de la vitesse horizontale du vent offre pendant le cours de l'année une double oscillation qui la fait passer par deux maxima et par deux minima. Le minimum le plus bas se produit en janvier et l'autre au commencement de juin ; les deux maxima sont à peu près de même valeur et se produisent l'un en mars, l'autre en juillet.

L'existence de cette double oscillation donne lieu de croire que deux causes différentes se superposent pour produire la variation annuelle de l'amplitude diurne de la vitesse du vent: la marche annuelle de la température d'une part et la variation annuelle de la fréquence des bourrasques d'autre part. Si la première de ces deux causes existait seule, l'amplitude serait minimum en janvier et maximum en juillet; si la seconde influait seule, l'amplitude serait maximum en mars et minimum en septembre. Leur superposition, combinée avec ce fait que la variation de fréquence des bourrasques est beaucoup plus brusque au voisinage de son maximum que celle de la température, fait que le minimum de septembre disparaît presque complètement; le minimum de janvier subsiste seul, et entre les deux maxima s'établit un minimum auxiliaire qui ne semble imputable à aucune cause immédiate et directe. Il faut remarquer en outre que la variation due à la marche annuelle de la température dépend en grande partie de circonstances locales, tandis que celle qui tient aux variations dans la fréquence des bourrasques paraît devoir être considérée comme indépendante des caractères locaux.

Il y aurait donc dans les causes de la variation annuelle de cette amplitude quelque chose d'analogue à ce que M. A. Angot a si bien établi pour la marche diurne du baromètre dans le beau mémoire qu'il a publié sur ce sujet (1).

J'ajoute qu'il faut encore ici distinguer l'une de l'autre les deux moitiés de l'année : En effet, de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne, l'amplitude de l'oscillation diurne est en moyenne sensiblement double (204) de ce qu'elle est (118) pendant la moitié froide.

(1) *Étude sur la marche diurne du baromètre*, par A. ANGOT. Annales du Bureau central météorologique de France, 1887. MÉMOIRES I.

Passage par la moyenne.

On peut aussi, d'une manière approchée et suffisamment exacte, déduire des nombres qui précèdent les heures du matin et du soir où la vitesse du vent a une valeur égale à sa valeur moyenne diurne; ils montrent que, aussi bien le matin que le soir, ces heures de passage sont très voisines des heures du même phénomène pour la température; un peu différentes suivant les mois, ces heures sont le matin peu distantes de 9 heures, et le soir de 7 heures; leur marche pendant le cours de l'année est d'ailleurs fort analogue à celle des mêmes heures pour la température.

B. — DIRECTION

La girouette employée par l'Observatoire de Lyon est une girouette flottante dont le liquide est la glycérine, avec laquelle il n'y a pas à redouter d'arrêts provenant des froids de l'hiver : on a, d'ailleurs, relevé d'heure en heure les directions données par l'instrument et on les a étudiées à deux points de vue, celui de la variation annuelle et celui de la variation diurne.

1. — Année moyennne.

A l'aide de l'ensemble des observations de la période décennale qui nous occupe, on a formé une année moyenne, pour chacun des mois de laquelle on a classé les vents dans les seize rhumbs principaux; ces résultats sont inscrits dans le tableau suivant qui renferme leur fréquence relative par rapport à cent observations.

	DÉCEMBRE	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	ANNÉE
N	17	21	19	20	15	13	19	18	17	17	14	14	17
NNE	5	6	5	5	3	4	6	6	6	5	4	4	5
NE	4	5	3	3	2	3	3	4	4	3	3	3	3
ENE	4	4	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	3
E	4	5	4	3	4	4	3	3	4	4	4	3	4
ESE	3	4	3	2	3	4	3	3	3	3	4	3	3
SE	5	4	5	4	5	5	5	4	4	7	5	5	5
SSE	6	6	9	6	8	8	7	7	6	7	6	9	7
S	12	10	13	14	13	11	8	9	9	10	11	14	11
SSO	5	5	5	5	5	5	3	4	4	6	6	7	5
SO	4	3	3	3	4	4	3	3	3	5	5	5	4
OSO	2	3	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3
O	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	3
ONO	4	3	3	3	5	4	5	5	5	4	6	4	4
NO	9	7	8	8	11	11	11	10	11	9	10	7	9
NNO	13	12	14	16	14	16	16	16	15	13	13	12	14

Ce tableau montre que les rhumbs avoisinant le nord et le sud sont en toutes saisons les plus fréquentés, le nord et les rhumbs voisins du nord du côté de l'ouest étant de beaucoup dominants; les autres divisions de la rose des vents sont d'ailleurs en toutes saisons à peu près également atteintes.

A ces notions il est intéressant d'ajouter celles qui proviennent de la combinaison de la vitesse du vent avec sa direction, et qui donnent la direction ainsi que l'intensité relative du vent moyen résultant : c'est ce que nous avons fait en remplaçant, dans le tableau précédent, chaque unité de fréquentation par la vitesse correspondante du vent, et en traitant tous ces nombres par la formule de Lambert (1).

Nous avons obtenu ainsi pour les différents mois de l'année moyenne les angles (comptés du nord vers l'ouest) et grandeurs relatives suivantes :

(1) *Tables météorologiques internationales*, p. A. 60.

MOIS	ANGLE	GRANDEUR	MOIS	ANGLE	GRANDEUR
Décembre...	24°0	44	Juin	29°0	110
Janvier......	51,0	39	Juillet.......	37,1	65
Février......	80,1	20	Août........	31,0	65
Mars........	58,5	54	Septembre ..	46,2	65
Avril........	62,2	70	Octobre.....	56,2	46
Mai.........	55,0	60	Novembre...	115,3	37

Le vent résultant est toujours dirigé vers la moitié occidentale de l'horizon et, sauf pour le mois de novembre, entre le nord et l'ouest; de plus, en général, à un angle un peu fort avec le méridien correspond une intensité résultante relative faible, et inversement. On doit en conclure que les vents des régions nord ou sud, qui nous le savons déjà sont les plus nombreux, sont aussi ceux dont les vitesses sont les plus grandes.

L'examen des nombres qui précèdent ne conduit d'ailleurs à aucune loi de variation régulière pendant le cours de l'année pour la direction ou l'intensité du vent résultant. On doit cependant remarquer le mois de février, où l'intensité résultante est minimum, et où par suite les vents sont les plus uniformément distribués dans les différents rhumbs et avec des vitesses moyennes peu différentes, le mois de juin, où au contraire l'intensité est maximum, et le mois de novembre dont la direction résultante diffère notablement de toutes les autres et confine aux régions sud.

II. — Jour moyen.

Pour étudier la variation diurne du vent, on a procédé de deux façons:

1° *Variation du rhumb.* — On a construit, pour chacun des jours de l'année moyenne, un jour moyen de fréquentation des

différents rhumbs, c'est-à-dire qu'on a fait la somme du nombre de fois que chaque rhumb a été fréquenté par le vent à ces différentes heures ; et, afin de se rendre un compte facile des variations correspondantes, on a porté dans chacune des seize directions de la rose des vents des longueurs proportionnelles à ces nombres.

L'examen de ces cartes montre que, en moyenne, ce sont les rhumbs N. et N.-N.-E. d'une part, S. et S.-S.-E. d'autre part qui sont les plus fréquentés ; mais il y a pendant les 24 heures du jour moyen fictif une véritable rotation du vent. Pendant la nuit, la grande majorité des vents, autres que ceux de N. et S., viennent du côté occidental de la rose des vents ; à partir du lever du soleil, ils abandonnent en grande partie le N.-O. et le N.-N.-O. pour souffler plus franchement du nord, l'ouest pour souffler de l'est, et le S.-O. et le S.-S.-O. pour souffler d'entre S. et E., de telle sorte que, pendant le milieu de la journée, les vents prépondérants sont ceux de N. et de S.-S.-E., et que la très grande partie des autres vient de la moitié orientale de la rose.

Après le coucher du soleil, le mode de distribution du vent dans les différents rhumbs se modifie assez rapidement, et il redevient bientôt tel que nous l'avons indiqué un peu plus haut. En résumé, on peut dire qu'il y a pendant le jour transport de l'air de la moitié est vers la moitié ouest de l'horizon, et pendant la nuit transport inverse de l'ouest vers l'est.

2° *Direction et intensité du vent résultant.* — Appliquons maintenant, comme nous l'avons fait plus haut, la formule de Lambert et calculons pour chaque heure du jour moyen fictif des différents mois de l'année la direction (du N. vers l'E.) et l'intensité du vent résultant, nous obtiendrons deux séries de nombres qui sont réunis dans les tableaux suivants et dont la variation est représentée dans les planches 4 et 5. L'examen de

HEURES	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
0	304°	281°	288°	294°	293°	290°	316°	305°	293°	301°	313°	240°
1	292	304	286	284	300	294	315	308	296	295	295	242
2	307	302	282	295	306	292	318	307	294	296	328	246
3	319	302	282	307	298	295	316	303	303	297	299	245
4	317	310	288	317	307	295	320	307	305	301	323	251
5	306	305	301	314	312	307	320	307	307	302	293	254
6	305	292	295	320	338	314	339	318	302	310	338	246
7	305	304	302	224	339	321	339	336	319	315	305	238
8	317	316	322	331	345	328	350	303	319	329	303	225
9	326	322	312	330	340	349	356	1	354	128	304	215
10	329	324	347	345	330	10	355	5	28	153	357	191
11	332	339	56	27	333	45	359	44	46	166	1	144
12	326	6	119	13	314	51	353	41	32	78	348	189
13	334	23	114	357	270	98	354	31	44	76	72	185
14	357	40	149	329	314	10	357	28	33	178	1	189
15	345	26	144	327	295	334	352	346	19	147	342	211
16	339	355	30	350	287	343	349	351	49	4	345	206
17	319	341	172	315	306	348	347	351	66	339	308	235
18	317	328	207	299	302	336	344	345	365	322	299	278
19	315	325	271	294	288	307	335	326	328	310	318	272
20	297	320	290	290	282	292	320	311	306	309	302	280
21	304	315	279	290	269	288	313	309	298	310	327	297
22	299	300	284	292	272	289	310	309	320	307	299	279
23	303	287	284	295	291	293	317	307	310	303	299	287
24	304	281	288	294	293	290	316	305	293	301	313	240

HEURES	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
0	22	18	18	33	40	45	67	50	42	35	23	20
1	35	14	19	32	44	41	62	43	33	32	34	19
2	22	10	11	32	42	41	58	38	38	32	21	18
3	22	15	12	34	28	35	53	37	37	26	32	16
4	21	11	15	32	30	33	44	33	38	21	14	22
5	29	15	18	33	37	31	49	28	33	21	26	21
6	26	16	16	32	27	36	47	27	25	23	16	16
7	26	21	15	31	24	39	50	28	23	20	25	12
8	24	22	16	31	25	29	46	28	14	16	17	11
9	20	21	11	19	41	16	40	22	8	2	20	7
10	20	21	16	10	11	12	42	19	13	5	11	8
11	20	21	4	4	12	6	41	14	11	13	9	8
12	16	13	9	11	13	6	40	9	9	22	7	13
13	14	9	19	7	5	2	37	6	8	8	3	19
14	12	12	16	6	11	5	28	11	15	7	13	19
15	20	11	13	6	15	7	36	16	13	7	9	9
16	20	11	10	16	20	15	37	21	13	17	13	15
17	25	17	11	7	20	17	48	20	11	14	17	17
18	29	22	10	17	24	19	41	23	5	18	33	20
19	28	25	14	21	33	23	26	26	17	24	22	23
20	29	23	20	32	20	36	39	28	27	36	42	24
21	29	22	19	37	26	39	49	39	34	42	24	22
22	25	21	22	40	27	49	54	46	48	43	46	21
23	23	17	16	36	38	48	61	49	45	38	46	22
24	22	18	18	33	40	45	67	51	42	34	23	21

ces nombres ou des courbes qui les résument montre que, sauf pour les mois de novembre et de février, la variation diurne de la direction du vent résultant a sensiblement la même allure; le vent résultant qui souffle toujours des régions ouest pendant la nuit tourne d'une façon continue et progressive vers le nord, puis vers l'est, pour revenir ensuite pour ainsi dire sur ses pas à peu près aussitôt que le soleil a passé le méridien. Le mois de septembre est remarquable en ce que, de 10 heures du matin à 2 heures de l'après-midi, le vent, après avoir gagné le SSE, revient à l'est, puis retourne au sud.

En novembre, la rotation du vent se fait en sens inverse de ce sens général, le vent résultant allant rallier l'est par le sud vers le milieu du jour. Le mois de février, de son côté, est remarquable en ce que, parti de l'ouest à minuit, le vent résultant fait une rotation complète pendant les vingt-quatre heures et vient regagner l'ouest, après avoir passé par le nord, l'est et le sud

Quant à la variation de l'intensité de ce vent résultant, elle est la suivante : pendant toute l'année, cette intensité est plus grande pendant la nuit que pendant le jour, et en général elle a sa valeur maximum vers 10 heures du soir et son minimum de midi à 3 heures de l'après-midi; mais la différence est bien moindre pendant les mois de novembre, décembre, janvier et février que pendant les autres mois, et la marche diurne n'y a pas la même allure. Comparons en effet, à cet égard, les mois de juillet et de janvier. En juillet, l'intensité de la résultante diminue d'une façon continue depuis son maximum (11 heures du soir) jusqu'à son minimum (1 heure du soir) pour croître ensuite d'une façon tout aussi continue jusqu'à son maximum. En janvier, au contraire, la courbe de variation décroît d'abord à partir de minuit jusqu'à un premier minimum atteint vers 3 heures du matin, croît ensuite et passe par un premier maximum vers 8 heures du matin; vient alors une nouvelle baisse

et un second minimum vers 1 heure du soir, puis une hausse qui conduit l'intensité à un second maximum, un peu plus important que le premier, vers 8 heures du soir, maximum à partir duquel la courbe descend jusqu'au premier minimum. Les mois de juin et de septembre exigent une remarque spéciale : la courbe qui correspond au second indique un maximum secondaire assez important vers midi, et le minimum du premier est environ quaadruple de ce qu'il est dans les autres mois.

En comparant ces courbes d'intensité à celles qui représentent la variation de la vitesse horizontale du vent, on arrive à cette conclusion en apparence paradoxale, que l'intensité du vent résultant devient minimum à peu près au moment où la vitesse du vent atteint sa valeur maximum. C'est qu'en effet les deux notions que l'on rapproche ainsi sont bien différentes l'une de l'autre : la seconde donne à chaque instant la vitesse moyenne du vent, quelle que soit sa direction; la première indique l'intensité relative du transport de l'air dans une direction déterminée, celle du vent résultant. Tandis que le zéro, pour la courbe des vitesses, correspond au calme, le zéro, dans la courbe des intensités résultantes, indique que quelles que soient leurs vitesses et leurs directions, les vents se font équilibre suivant la direction résultante, qu'il n'y a en moyenne pour cette heure du jour moyen fictif aucun transport dans cette direction. Ainsi, l'air peut être très fortement agité chaque jour à l'heure considérée, si le vent souffle avec la même vitesse alternativement chaque jour du nord et du sud, l'intensité résultante sera évidemment nulle, tandis que la vitesse moyenne aura une valeur considérable.

La conclusion réelle à tirer de l'examen des courbes d'intensité est que, en même temps que le vent tourne progressivement de l'ouest vers le nord et l'est, sa vitesse qui au milieu de la nuit était beaucoup plus grande dans les rhumbs voisins

de l'ouest que dans les autres rhumbs, va en s'uniformisant peu à peu à mesure que le soleil s'élève au-dessus de l'horizon, si bien que vers le milieu du jour la vitesse est en général devenue sensiblement la même dans toute la rose des vents. On doit en conclure aussi que si pendant la nuit il y a un transport assez considérable de l'air atmosphérique des régions occidentales vers l'est, le transport en retour, d'est vers l'ouest pendant le jour, est loin d'en être l'équivalent. Ce n'est donc pas par des déplacements horizontaux que se font les échanges entre les différentes parties de notre atmosphère, mais par des déplacements en hauteur; et cette discussion nous apprend que pour les mouvements ascendants la composante horizontale souffle de l'est, tandis que pour les mouvements descendants elle vient de l'ouest. Par rapport au méridien, les mouvements ascendants s'inclinent donc à l'ouest, tandis que les mouvements descendants s'inclinent au contraire à l'est; il faut remarquer d'ailleurs que l'obliquité du courant descendant est en général beaucoup plus grande que celle du courant ascendant : telle est la loi générale. Mais il y a lieu de faire exception pour le mois de juin d'une part, où l'intensité de la résultante reste à fort près constante pendant le jour, et pour les quatre mois de novembre, décembre, janvier et février, pendant lesquels la marche diurne de cette intensité a une allure spéciale, et où l'intensité résultante a sensiblement la même valeur moyenne pendant le jour et pendant la nuit. Pendant ces différents mois, la marche des courants dits verticaux est donc un peu différente de celle que nous venons de décrire, et par exemple, il semble résulter de l'examen que nous en avons fait tout à l'heure qu'en moyenne, dans le mois de janvier, il y a vers le commencement de la journée, un peu après le lever du soleil, une reprise du mouvement descendant.

CHAPITRE IV

PLUIES

Pour connaître les différentes circonstances de la pluie, nous nous servons d'un pluviomètre décupleur du modèle ordinaire du Bureau central météorologique dont le récepteur a o m. 20 de diamètre, d'un pluviomètre enregistreur de Rédier et d'un pluvioscope d'Hervé-Mangon.

A l'aide des résultats obtenus de 1880 à 1890 avec les deux premiers appareils, et de 1885 à 1890 avec le troisième, on a formé une sorte d'année pluviométrique moyenne dont les éléments doivent se partager en deux parties, suivant que le temps est simplement pluvieux, auquel cas la pluie est en trop petite quantité pour qu'elle soit constatée par le pluviomètre, et le cas où elle est au contraire mesurable à cet instrument; et, comme les deux procédés d'observation n'ont pas la même date d'origine, il convient de ne constituer une année moyenne qu'avec les observations de seconde espèce, qui s'étendent à toute la période décennale et de se servir à simple titre de comparaison des observations simultanées.

Pluie appréciable au Pluviomètre. — Le tableau qui suit renferme les éléments de l'année pluviométrique moyenne.

	HAUTEUR en millimètres	DURÉE en heures et dixièmes	NOMBRE de jours pluvieux	DURÉE moyenne par jour pluvieux	HAUTEUR moyenne en une heure de pluie en millim.
Décembre	40,4	40,0	14	2,8	1,00
Janvier..	22,1	25,4	11	2.3	0,87
Février.........	28,1	32,9	10	3,3	0,85
Mars...........	28.5	25,0	11	2,3	1,14
Avril...........	59,5	54,8	14	3,9	1,08
Mai............	83,5	51,3	15	3,4	1,62
Juin............	75,0	34,8	13	2,7	2,15
Juillet..........	82,6	30,1	12	2,5	2,74
Août..	62,7	25,1	10	2,5	2,49
Septembre.......	84,9	43,2	12	2,5	1,97
Octobre.........	82,5	53,3	16	3,6	1,54
Novembre.......	63,8	50,3	14	3.3	1,26
Année..........	713,6	466,2	152	3,1	1,53

La quantité totale d'eau qui tombe à Lyon (Saint-Genis) en un an est donc de

714 millimètres

correspondant à 714 mètres cubes par hectare: la durée totale de chute de cette masse d'eau est de 466 heures, ce qui équivaut à très peu près à *dix-neuf jours et demi*, c'est-à-dire à fort peu près au *dix-neuvième de l'année*. Ainsi, le dix-neuvième de la durée de l'année est à Lyon occupé par la pluie; mais cette durée totale se répartit entre cent cinquante-deux jours pluvieux, de telle sorte qu'en moyenne pour chacun de ces jours la durée de la pluie est de 3 h. 1, occupant ainsi en moyenne à fort peu près le *huitième* de la journée entière.

Si l'on suit la marche de la pluie pendant le cours de l'année, on voit que le mois qui reçoit la quantité d'eau minimum est le mois de janvier, et que d'autre part mai, juillet, septembre et octobre reçoivent à peu près la même quantité d'eau

maximum pour l'année et sensiblement quadruple du minimum; c'est d'ailleurs en janvier et en août qu'on rencontre le plus petit nombre de jours pluvieux, en mai et octobre le plus grand nombre, lequel est sensiblement une fois et demie le précédent.

Quant à la durée totale de la pluie, elle est minimum en janvier et mars, maximum en avril et octobre et alors sensiblement double que dans les cas précédents : la durée moyenne de la pluie par jour pluvieux varie d'ailleurs à peu près dans le même sens, et elle a en avril une valeur sensiblement double de celle qui lui correspond en janvier et mars. Mais il est un autre élément plus instructif peut-être que les précédents, c'est la hauteur moyenne d'eau tombée pendant les différents mois en une même durée de la pluie, par exemple en une heure : ces nombres, contenus dans la dernière colonne du tableau qui précède, montrent que cette hauteur a sa valeur minimum en janvier ou février, son maximum en juillet, décroît ensuite d'une façon continue jusqu'en janvier, et atteint en mars un maximum secondaire relativement peu intense, mais qu'il convient néanmoins de remarquer, parce qu'il caractérise ainsi cet équinoxe et que d'autre part nous retrouverons son analogue dans d'autres phénomènes corrélatifs à la pluie, comme par exemple l'évaporation.

Emploi du Pluvioscope. — Outre les pluies dont l'ensemble constitue l'année pluviométrique moyenne, il en est d'autres qu'il convient également d'étudier; ce sont celles qui, quoique d'assez longue durée, sont trop faibles pour être marquées au pluviomètre; la plupart d'entre elles accompagnent les pluies appréciables qu'elles précèdent et terminent, mais un certain nombre sont isolées et ne constituent à la surface du sol qu'un faible dépôt passager, et sont plutôt la preuve d'un état atmosphérique pluvieux que d'une pluie véritable. C'est

pour en apprécier la durée qu'a été installé le pluvioscope. Il nous donne la durée totale de la pluie appréciable ou non; par différence avec les valeurs précédentes, on peut donc obtenir la durée de la seconde. Le tableau suivant renferme pour la moyenne des six années écoulées, de 1885 à 1890, la durée totale de la pluie, le nombre total des jours pluvieux, et aussi la durée de la pluie appréciable au pluviomètre ainsi que le nombre des jours correspondants. Nous devons faire remarquer que dans les premiers nombres sont nécessairement renfermés les jours où le brouillard a été assez fort pour impressionner le papier préparé du pluvioscope.

	DURÉE		NOMBRE		RAPPORT DES	
	TOTALE	de la pluie appréciable	TOTAL	enregistré	DURÉES	JOURS
	h.	h.				
Décembre	77,4	38,7	19	15	2,0	1,3
Janvier	64,1	26.5	17	12	2,4	1,3
Février	84,2	38,4	16	11	2,2	1,5
Mars	71,1	29,0	18	14	2,4	1,3
Avril	106,6	66,5	19	15	1,6	1,3
Mai	92,8	63,5	20	17	1,5	1,2
Juin	56,5	36,0	15	12	1,6	1,2
Juillet	44,7	29,0	16	12	1,5	1,3
Août	48,0	31,0	15	11	1,5	1,4
Septembre	48,3	33,5	13	9	1,4	1,4
Octobre	95,6	60,5	20	17	1.6	1,2
Novembre	102,4	66,3	19	15	1,5	1,3

Si l'on élimine de la discussion les trois mois d'hiver dans lesquels les durées des chutes de neige sont toujours appréciées d'une façon incertaine, on voit que le rapport de la durée aussi bien que celui des nombres de jours sont constants quel que soit le mois, et égal à 1,5 pour la durée et à 1,3 pour les nombres de jours. Il faut pourtant faire une exception pour le mois de mars; dans ce mois, le rapport du nom-

bre total de jours pluvieux au nombre de ceux qui sont enregistrés par le pluviomètre est le même que pendant les autres mois de l'année, mais le rapport de la durée totale à la durée enregistrée y est notablement différent; il atteint 2,4 au lieu de 1,5. C'est un nouveau caractère distinctif du climat de ce mois dans nos régions.

CHAPITRE V

HUMIDITÉ DE L'ATMOSPHÈRE

L'instrument dont nous nous servons pour enregistrer les variations d'humidité de l'atmosphère est un hygromètre à six cheveux de Salleron, placé à 4 mètres au nord du pavillon météorologique, au-dessus d'une pelouse ; un petit bras d'aluminium, qui fait corps avec l'axe de la poulie de l'hygromètre, tourne d'angles égaux à ceux dont cet axe tourne sous l'influence de l'allongement ou du raccourcissement du cheveu, et commande les mouvements d'un train différentiel au support duquel l'hygromètre est fixé ; à la roue motrice de ce train est attaché un fil fin de platine, qui glisse sur des poulies très mobiles renfermées dans un tube métallique, et vient enfin s'attacher au fil à ligatures qui commande le crayon du cylindre d'enregistrement commun aux différents appareils de M. Rédier.

Les observations normales faites avec un psychromètre et avec un hygromètre à six cheveux dont la graduation est vérifiée fréquemment, et qui sont tous deux voisins du premier, permettent de repérer à des heures convenables les courbes de l'enregistreur.

Après avoir été réduites à l'aide des nombres précédents, on relève ces courbes d'heure en heure, et les résultats qu'elles

ont fournis de décembre 1882 à décembre 1890 sont les éléments de la discussion actuelle.

C. — HUMIDITÉ RELATIVE

I. — Année moyenne.

Voici réunies les valeurs moyennes en centièmes de l'humidité relative, pour les différents mois d'une année moyenne fictive déduite de l'ensemble des observations de ces huit années.

Décembre . .	83,3				
Janvier. . . .	83,2	Hiver	81,0		
Février . . .	76,5				
Mars.	68,9				
Avril.	66,4	Printemps. .	66,7		
Mai	64,9				
Juin	65,2			Année. .	72,3
Juillet	63,9	Été.	64,6		
Août.	64,7				
Septembre. .	70,5				
Octobre . . .	77,4	Automne . .	76,9		
Novembre. .	82,9				

Comme on le voit, cette humidité relative varie d'une façon continue pendant le cours de l'année; mais sa marche est inverse de celle de la température, le minimum de l'humidité ayant lieu en juillet, tandis que son maximum se produit en décembre. Il convient d'ailleurs de remarquer que l'humidité relative reste très sensiblement constante pendant les trois mois d'hiver et les trois mois d'été; ce fait est beaucoup moins apparent pour la température.

Enfin, l'état hygrométrique moyen à l'Observatoire de Lyon est de

72,3,

c'est-à-dire qu'en moyenne, l'atmosphère y est aux trois quarts saturée.

II. — Jour moyen.

Le tableau suivant donne les humidités relatives pour les différentes heures d'un jour moyen correspondant à chacun des mois d'une année moyenne fictive déduite de l'ensemble des observations.

En traduisant graphiquement (pl. 2) les nombres de ce tableau et traitant les courbes ainsi obtenues comme on a traité les courbes de température, on a aisément les éléments caractéristiques de la marche diurne de l'humidité relative. Le fait saillant est que cette marche diurne est absolument inverse de celle de la température. Ainsi, pour le jour moyen de l'année, le maximum d'humidité a lieu à 5 h. 6 et son minimum à 14 h. 4, tandis que le minimum de température se produit à 5 h. 1 et son maximum à 14 h. 4. Il en est ainsi d'ailleurs presque pour chacun des mois, comme le montre le tableau suivant, qui renferme les éléments caractéristiques de chacun d'eux.

Les heures données par les courbes de variation d'humidité en sont en général fort peu distantes des heures correspondantes pour la température; pendant les mois qui s'écoulent de mai à octobre, inrervalle pendant lequel l'humidité est le mieux déterminée ici, la coïncidence des deux sortes de nombre peut même être considérée comme à peu près exacte.

Cette grande analogie des deux ordres de phénomènes ne persiste pas absolument dans la variation de l'amplitude de

HEURES	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Année
1	86.3	86.4	80.4	75.9	74.0	74.0	77.3	75.3	74.6	79.7	83.4	87.3	79.5
2	85.9	87.0	81.1	76.9	75.0	75.5	78.4	76.6	76.5	81.1	84.2	87.8	80.5
3	86.5	88.0	81.8	78.0	76.1	76.4	79.6	77.7	77.4	83.0	85.1	88.3	81.5
4	87.0	88.4	82.4	79.4	77.0	77.6	80.7	78.8	79.0	83.8	85.5	88.4	82.3
5	87.3	88.8	82.9	79.7	77.9	77.5	79.5	78.4	80.0	84.9	86.3	88.6	82.6
6	87.3	88.3	82.9	80.4	77.6	74.4	75.0	74.5	77.0	84.3	86.6	88.5	81.4
7	87.6	88.1	83.1	80.0	74.5	70.6	69.9	69.4	72.1	80.1	85.4	88.5	79.1
8	87.0	87.4	82.3	76.5	70.6	66.5	65.9	64.9	67.9	73.1	82.1	87.1	75.9
9	85.3	85.9	79.9	71.0	66.4	62.5	61.6	61.0	63.0	68.5	78.4	84.7	72.3
10	82.7	83.4	75.6	66.5	62.3	58.9	57.0	57.1	59.4	64.6	73.3	81.5	68.5
11	79.9	80.4	73.4	62.6	58.6	56.1	54.1	54.6	55.6	61.2	69.4	78.3	65.4
12 midi	77.6	77.8	70.4	59.6	56.4	54.3	52.2	53.0	53.4	58.4	66.4	75.5	62.9
13	76.1	75.5	67.7	57.0	54.8	52.5	50.0	50.8	51.5	56.1	64.9	73.4	60.8
14	75.5	74.8	66.5	55.4	53.6	51.9	49.9	49.6	50.5	55.0	64.0	72.7	59.9
15	76.4	75.1	67.0	54.9	53.9	51.8	50.5	50.3	50.0	54.6	64.4	73.5	60.2
16	79.0	76.8	67.3	55.6	54.8	52.3	51.8	50.1	50.6	55.4	66.5	76.3	61.4
17	81.1	79.8	70.2	58.1	56.5	54.0	53.5	51.5	52.4	58.0	71.0	79.4	63.8
18	82.6	81.6	73.4	62.1	59.6	57.1	57.0	54.3	55.5	63.6	75.4	81.5	67.0
19	83.5	82.4	75.3	65.5	63.5	61.5	61.6	58.5	60.5	68.5	78.4	82.4	70.1
20	83.9	83.0	76.6	68.4	66.6	66.0	66.4	63.5	64.5	72.1	80.0	83.5	72.9
21	84.5	83.4	78.2	70.8	69.0	69.6	70.6	68.5	68.6	74.4	80.9	84.5	75.3
22	84.9	84.0	78.5	71.8	70.5	71.0	73.1	70.6	69.6	75.8	81.0	85.9	76.4
23	85.3	84.4	79.1	73.3	71.5	72.1	74.5	71.6	71.1	77.2	82.0	86.0	77.4
24 minuit	85.4	84.9	80.0	74.8	72.6	73.0	75.8	73.3	73.0	78.5	83.0	86.7	78.4

l'oscillation diurne ; son minimum a lieu en décembre, comme celui de l'oscillation thermique diurne, mais tandis que cette dernière croît d'une façon continue jusqu'en août pour dé-

	MAXIMUM		MINIMUM		PASSAGES PAR LA MOYENNE		AMPLITUDES DE L'OSCILLATION
	HEURE	VALEUR	HEURE	VALEUR	PREMIER	SECOND	
	h.		h.		h.	h.	
Décembre..........	6,7	87,7	13,8	75,4	9,8	18,8	12,3
Janvier............	5,0	88,8	14,3	74,7	10,0	20,2	14,1
Février............	6,7	83,2	14,5	66,3	10,0	19,7	16,9
Mars....	6,4	80,5	14,8	54,7	9,5	20,2	25,8
Avril...............	5,6	78,0	14,1	53,4	9,1	20,0	24,6
Mai.	4,8	77,7	14,6	51,6	8,4	19,8	26,1
Juin................	4,2	80,7	14,0	49,7	8,2	20,1	31,0
Juillet.............	4,4	79,1	14,9	49,4	8,3	20,1	29,7
Août.	5,0	80,0	14,9	49,9	8,6	20,1	30,1
Septembre.........	5,4	84,9	14.7	54,5	8,6	19,5	30.4
Octobre............	5,8	86.6	14.0	64,0	9,2	18,6	22,6
Novembre....	5,5	88,6	13,8	72,6	9,6	19,2	16,0
Année..........	4,7	82,6	14,3	59,7	9,0	19,8	22,9

croître ensuite d'une façon continue jusqu'en décembre, l'amplitude de l'oscillation diurne hygrométrique, après avoir augmenté graduellement jusqu'en maï, reste ensuite sensiblement stationnaire pendant quatre mois et ne recommence à décroître qu'à partir du mois d'octobre.

D. — POIDS DE VAPEUR

Les variations du poids de vapeur d'eau contenue dans un volume déterminé d'air atmosphérique, un mètre cube par exemple, sont aussi très importantes à connaître ; c'est pourquoi nous avons en 1886 construit une table à double entrée donnant le poids de vapeur contenue dans un mètre cube d'air pour une température et un état hygrométrique donnés, table qui nous permet de transformer immédiatement les nombres donnés par les relevés de nos enregistreurs hygro-

métrique et thermométrique. Mais nous ne les utiliserons pas pour l'année moyenne que nous déduirons des valeurs moyennes mensuelles et annuelles de la température et l'humidité relative; les nombres ainsi obtenus, se rapportant à un nombre d'années double, se rapprochent évidemment davantage des moyennes normales.

I. — Année moyenne.

Les poids moyens en grammes de la vapeur d'eau contenue dans 1 mètre cube d'air pour les différents mois de l'année normale sont les suivants :

Décembre	4gr76	Hiver	4gr63	Année	6gr87
Janvier	4 34				
Février	4 63				
Mars	4 95	Printemps	6 17		
Avril	6 04				
Mai	7 73				
Juin	9 45	Été	10 17		
Juillet	10 70				
Août	10 48				
Septembre	9 22	Automne	7 36		
Octobre	7 00				
Novembre	6 08				

En moyenne, le poids de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air est égal à

6 gr. 87;

mais ce poids varie constamment dans le cours de l'année : minimum en janvier, il croît à partir de là jusqu'en juillet, où il atteint sa valeur maximum, et décroît ensuite d'une façon continue jusqu'en janvier. L'amplitude moyenne de l'oscillation annuelle du poids de vapeur d'eau est d'ailleurs assez considérable : elle est de

6 gr. 36

presque sensiblement égale à sa valeur moyenne. Ainsi, pendant le cours d'une année, le poids de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air varie à l'Observatoire de Lyon d'une quantité égale à sa valeur moyenne.

La marche annuelle que donne le tableau précédent est d'ailleurs absolument analogue à celle de la température (fig. 1), les courbes qui les représentent étant presque entièrement superposables, et par conséquent inverse de celle de l'humidité relative.

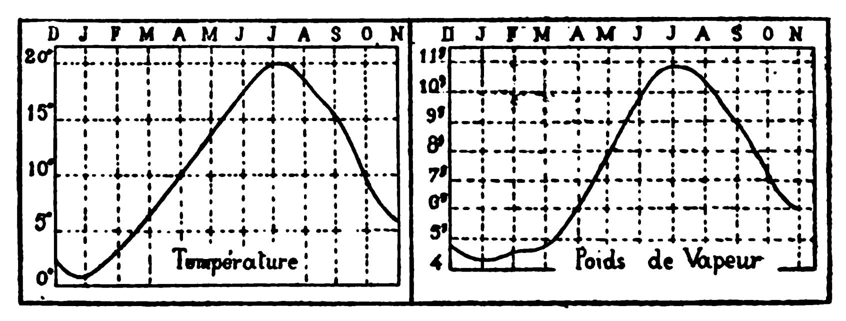


Fig. 1.

II. — Jour moyen.

Quant aux éléments qui caractérisent le jour moyen, nous les avons déduits des relevés hygrométrique et thermométrique transformés isolément au moyen de la table dont nous avons parlé; d'ailleurs, à cause du petit nombre d'années dont nous disposons, nous n'avons calculé le jour moyen fictif que pour chacune des saisons de l'année. Ces résultats, moins complets que les précédents, suffiront néanmoins pour donner une idée nette de la marche diurne du poids de vapeur, et permettre d'en étudier les causes (1).

(1) Les valeurs moyennes déduites de ces nombres sont :

Hiver	4 gr. 33	Été	10 gr. 14	Année	7 gr. 06
Printemps	6 gr. 30	Automne	7 gr. 27		

Elles diffèrent un peu, comme on devait s'y attendre, des precédentes, mais leur marche générale est absolument la même.

Le tableau suivant, qui contient les valeurs horaires du poids de vapeur d'eau pour chacun de ces jours moyen fictifs, où les courbes qui les représentent (pl. 1) montrent que ses variations diurnes suivent une marche qui

HEURES	HIVER	PRINTEMPS	ÉTÉ	AUTOMNE	ANNÉE	HEURES	HIVER	PRINTEMPS	ÉTÉ	AUTOMNE	ANNÉE
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1	4,36	6,33	10,13	7,22	7,07	13	4,49	6,38	10,25	7,44	7,15
2	4,34	6,22	10.04	7,16	7,00	14	4,45	6,33	10,15	7,36	7,09
3	4,33	6,19	9,93	7,18	6,98	15	4,43	6,38	10,15	7,26	7,05
4	4,33	6,15	9,89	7,11	6,94	16	4,39	6,21	10,10	7,22	6,97
5	4,31	6,08	9,84	7,03	6,89	17	4,40	6,18	9,96	7,24	6,95
6	4,26	6,09	9,83	6,97	6,87	18	4,45	6,27	10,08	7,36	7,05
7	4,23	6,15	10,07	7,09	7,00	19	4,41	6,23	10,18	7,43	7,10
8	4,22	6,28	10,19	7,11	6,97	20	4,39	6,38	10,27	7,44	7,13
9	4,32	6,38	10,37	7,34	7,11	21	4,40	6.45	10,51	7,40	7 20
10	4,38	6,38	10,32	7,44	7,14	22	4,36	6,47	10,41	7,30	7.16
11	4,44	6,41	10,27	7,49	7,16	23	4,36	6,41	10,25	7,26	7,12
12 midi	4,48	6,42	10,30	7,47	7,18	24 minuit	4,34	6,35	10,17	7,20	7,08

ne ressemble plus à celle de la température, et qui rappellerait plutôt, mais de loin, celle de la pression barométrique.

Heures tropiques.

Malgré les quelques irrégularités qu'elles présentent, et qui tiennent sans doute tout à la fois au petit nombre d'années sur lesquelles nous nous appuyons et au peu de précision comparative avec laquelle l'humidité de l'air est déterminée, ces courbes indiquent en effet que le poids de vapeur d'eau contenue dans 1 mètre cube d'air passe, pendant la durée du jour moyen fictif, par deux maxima et deux minima absolument comme la pression barométrique.

Dans l'année moyenne, les heures de ces maxima et minima

ainsi que les valeurs des éléments correspondants sont d'ailleurs les suivantes pour ces deux ordres de phénomènes :

	POIDS DE VAPEUR		PRESSION BAROMÉTRIQUE	
	Heures	Valeur	Heures	Valeur
1er minimum.	5^h8	$6^{gr}87$	4^h2	$0^{mm}88$
1er maximum.	11 9	7 18	9 9	1 42
2me minimum.	4 9	6 05	4 2	0 53
2me maximum.	9 0	7 20	10 5	1 23

Ainsi que le montrent ces nombres, il n'y a pas simultanéité entre les heures caractéristiques de la variation de la pression et celles de la variation du poids de vapeur, les heures tropiques barométriques sont, les unes en avance, les autres en retard sur les heures tropiques du poids de vapeur d'eau ; en outre, tandis que pour la pression barométrique le maximum diurne est de beaucoup supérieur en grandeur au maximum nocturne, ces deux maxima sont sensiblement égaux dans le jour moyen annuel fictif correspondant au poids de vapeur, le second étant cependant faiblement supérieur au premier ; la même différence se rencontre pour les minima, le minimum nocturne étant au-dessous du minimum diurne dans la courbe barométrique, tandis que c'est l'inverse pour la courbe hygrométrique.

Comparons maintenant les allures de ces deux jours moyens fictifs le long des différentes saisons de l'année ; pour le jour hygrométrique, les éléments de cette discussion sont les suivants :

	1er MINIMUM		1er MAXIMUM		2me MINIMUM		2me MAXIMUM	
	Heure	Valeur	Heure	Valeur	Heure	Valeur	Heure	Valeur
Hiver . . .	7^h6	$4^{gr}21$	12^h7	$4^{gr}49$	?	?	?	?
Printemps.	5 6	6 07	12 0	6 35	4^h9	$6^{gr}18$	9^h3	$6^{gr}47$
Été	5 8	9 82	9 2	10 37	4 8	9 95	9 0	10 51
Automne .	6 0	6 97	11 0	7 49	4 2	7 22	7 7	7 45

L'heure du premier minimum est plus tardive en hiver que dans les autres saisons ; il en est bien ainsi pour le minimum barométrique, mais les différences sont beaucoup moins sensibles pour la courbe hygrométrique que pour la courbe barométrique; pour le premier maximum, les heures, quoique fort différentes des heures tropiques du baromètre, suivent au contraire pendant le cours de l'année une marche sensiblement analogue; et quant aux deux autres points critiques des courbes, on n'aperçoit entre les deux ordres de phénomènes aucune espèce d'analogie.

En hiver, d'ailleurs, la marche diurne du poids de vapeur n'est réellement bien déterminée que de 7 heures du matin à 2 heures de l'après-midi, c'est-à-dire du premier minimum au premier maximum, et cette indétermination s'explique par les brouillards et les condensations brusques de vapeur si fréquents en cette saison. Aussi convient-il, pour comparer ces deux espèces de variations, de se borner aux trois autres saisons. La marche diurne du poids de vapeur d'eau nous offre alors ce fait singulier, aussi bien en lui-même que comparativement à celle du baromètre : en général, le maximum nocturne du poids de vapeur d'eau est supérieur au maximum diurne.

Amplitude moyenne.

De même, à l'inverse de ce que l'on constate pour la pression barométrique, l'amplitude de l'oscillation nocturne hygrométrique est supérieure à l'amplitude de l'oscillation diurne; les valeurs comparées de ces amplitudes sont, en effet,

	Hiver	Printemps	Été	Automne
Oscillation diurne hygrométrique...		0 gr. 17	0 gr. 42	0 gr. 27
Oscillation nocturne hygrométrique.		0 40	0 69	0 48
Oscillation diurne barométrique...	0mm90	0mm99	1mm05	0mm85
Oscillation nocturne barométrique.	0 47	0 36	0 27	0 41

valeurs qui vérifient notre dire; mais en outre, tandis que le maximum de l'oscillation diurne barométrique a lieu en été et son maximum en hiver, le maximum de l'oscillation nocturne du baromètre ayant lieu en hiver et son minimum en été, les maxima et minima des deux oscillations hygrométriques sont au contraire simultanés, les maxima correspondant au solstice d'été et les minima au solstice d'hiver.

La variation diurne du poids de vapeur d'eau contenue dans l'air a donc une allure tout à fait spéciale; et, pour la bien comprendre, il est nécessaire d'étudier en même temps les causes qui peuvent produire ou amener de la vapeur d'eau dans les couches inférieures de l'atmosphère, les seules que nous étudions ici, et celles qui peuvent en favoriser le départ : les variations que nous venons de constater doivent, en effet, évidemment résulter des variations réunies de toutes ces causes.

E. — PRODUCTION DE LA VAPEUR D'EAU

Le poids de vapeur d'eau que nos instruments constatent en un point déterminé n'est évidemment pas le résultat de causes de production agissant isolément en ce point, mais il dépend au contraire de conditions assez générales pour se rapporter à une assez grande étendue autour de lui.

Ceci étant admis, les causes qui font varier le poids de vapeur d'eau contenue dans un volume déterminé d'air sont :

1° L'apport de la vapeur d'eau de l'océan;

2° L'évaporation;

3° La végétation;

4° La diffusion dans les régions supérieures de l'atmosphère de la vapeur d'eau ainsi amenée ou produite.

Apport de la vapeur d'eau. — L'apport dans l'atmosphère

de l'eau à l'état de vapeur par les grands courants atmosphériques qui nous amènent les cyclones dépend évidemment presque tout entier de la direction du vent; les vents d'entre sud et ouest étant généralement fort humides, tandis que ceux d'entre nord et est sont au contraire généralement secs. En se rapportant à la variation annuelle de la direction du vent, on en conclurait que cet apport serait minimum en novembre ainsi qu'en février, mars et avril et maximum pendant les mois de juin, juillet et août. Il nous est d'ailleurs impossible de départir, même approximativement, la quantité d'eau réellement amenée à l'état de vapeur par ce procédé; nous n'en tiendrons donc pas compte dans ce qui suit, quoique en réalité cependant cet apport soit loin d'être négligeable. Il est d'ailleurs évident qu'il n'est sujet, pas plus que l'arrivée des cyclones, à aucune variation diurne régulière.

Évaporation. — L'évaporation est l'une des sources les plus constantes de production de vapeur d'eau dans nos régions; elle varie par différentes causes, dont les plus importantes sont les variations de la température et de la vitesse du vent.

Pour la même raison que plus haut, nous sommes encore en droit de négliger dans l'étude des variations diurnes celles qui, provenant de mouvements généraux de l'atmosphère, font changer rapidement ces deux éléments météorologiques, pour ne prendre en considération que les causes pour ainsi dire permanentes.

Les variations diurnes de la température et de la vitesse du vent dans le jour moyen fictif deviennent alors les facteurs les plus importants dans cette étude, car nous n'avons point encore reconnu l'existence d'une variation diurne réelle dans la quantité d'eau tombée pendant le jour moyen fictif.

Or, de l'ensemble d'observations poursuivies pendant quatre années avec l'évaporomètre Piche, il résulte que les quantités d'eau évaporée pendant la *période diurne,* de 7 heures du matin à 9 heures du soir, et pendant la *période nocturne,* de 9 heures du soir à 7 heures du matin, sont pour les différents mois et saisons ainsi que pour l'année représentées en millimètres par les nombres suivants :

	Jour mm	Nuit mm	Rapport
Décembre.	0,38	0,13	3,0?
Janvier....	0,62	0,09	6,9?
Février....	1,40	0,33	4,2
Mars......	2,76	0,67	4,0
Avril......	2,37	0,79	3,0
Mai.......	2,41	1,02	3,3
Juin.......	4,32	1,13	3,8
Juillet.....	4,14	1,32	3,1
Août......	4,34	1,33	3,3
Septembre.	2,42	0,75	3,2
Octobre....	1,45	0,53	2,7
Novembre.	0,96	0,32	3,0

	Jour mm	Nuit mm	Rapp^{rt}
Hiver....	0,80	0,18	4,4?
Printemps.	2,51	0,83	3,0
Été.......	4,27	4,26	3,4
Automne..	1,61	0,53	3,0

Année	mm
Jour...	2,30
Nuit...	0,70
Rapp^{rt}.	3,3

Il faut remarquer que les nombres donnés pour la saison d'hiver sont certainement tous deux assez inférieurs à la réalité; car, l'évaporomètre Piche ne fonctionne pas en temps de gelée, quoique cependant il se produise alors une évaporation qui n'est certainement point négligeable. Quoi qu'il en soit, il résulte des nombres précédents que la quantité d'eau que peut fournir l'évaporation est en moyenne sensiblement triple pendant le jour que pendant la nuit. Ce premier résultat est intéressant, mais la forme même des courbes que nous venons d'étudier montre qu'il convient d'analyser davantage le phénomène. Dans ce but, on a procédé de deux façons :

1° On a séparé en deux la période diurne par une observation faite à 1 heure de l'après-midi. Voici les résultats ainsi trouvés :

	Matin	Soir	Rapport		Matin	Soir	Rapp^rt	Année
	mm	mm			mm	mm		mm
Décembre..	0,16	0,22	1,4					
Janvier....	0,17	0,25	1,5	Hiver.....	0,28	0,45	1,6	
Février....	0,51	0,89	1,7					
Mars......	1,01	1,75	1,7					
Avril......	0,92	1,45	1,5	Printemps.	1,12	1,72	1,5	
Mai........	1,44	1,98	1,4					Matin.. 0,94
Juin.......	1,81	2,51	1,4					Soir... 1,38
Juillet.....	1,62	2,53	1,6	Été........	1,72	2,53	1,5	Rapp^rt. 1,5
Août......	1,73	2,61	1,5					
Septembre.	0,99	1,43	1,4					
Octobre....	0,58	0,87	1,5	Automne...	0,65	0,95	1,5	
Novembre.	0,39	0,57	1,5					

La quantité d'eau évaporée pendant la seconde fraction de cette période diurne, c'est-à-dire pendant l'après-midi, est donc environ une fois et demie plus grande que pendant la première, c'est-à-dire la matinée.

2° On a fait à des jours convenablement choisis, de 6 heures du matin à 7 heures du soir, des observations horaires de l'évaporation, de façon à avoir par la moyenne de leurs résultats la marche horaire diurne de ce phénomène. On a été conduit ainsi aux nombres suivants, qui représentent en centièmes de millimètre les quantités d'eau évaporées pendant les différentes heures consécutives :

6-7 m.	8	12-1 s.	28
7-8 m.	9	1-2 s.	30
8-9 m.	14	2-3 s.	32
9-10 m.	18	3-4 s.	31
10-11 m.	21	4-5 s.	28
11-12 m.	23	5-6 s.	25

De 6 heures à 9 heures soir, l'évaporation moyenne par heure est d'ailleurs pour les mêmes jours de $0^{mm}1$.

Le maximum de la vitesse d'évaporation se produit donc, à l'époque (mois d'avril) de ces observations, de 2 à 3 heures de l'après-midi, c'est-à-dire au voisinage du maximum de température. Cette conclusion nous l'avons généralisée et

étendue à toute l'année, et nous admettons que le *maximum d'évaporation* donné par l'appareil Piche est *toujours voisin du maximum de température* (1).

Mais il convient de comparer les conditions des observations faites à l'évaporomètre Piche à celles qui se présentent dans la réalité, c'est-à-dire à une surface d'eau ou un terrain humide évaporant sous l'influence des causes naturelles. Cet appareil étant placé sous l'abri ordinaire du thermomètre est constamment soustrait à l'action directe du soleil, or, les recherches récentes de M. Angelo Batelli (2) démontrent que le rapport entre la quantité évaporée par une surface libre exposée au soleil et la quantité évaporée par une surface libre maintenue à l'ombre est plus grand que l'unité, non seulement pendant le temps que dure l'exposition au soleil, mais encore pendant toute la durée de la nuit qui suit; ce rapport augmente rapidement avec la température de l'air, mais diminue quand croît la vitesse du vent. Nous devrions donc augmenter un peu le rapport de la quantité d'eau évaporée pendant la période diurne à celle qui est évaporée pendant la période nocturne.

D'autre part, le même physicien a démontré que le rapport entre la quantité d'eau qu'évapore un terrain humide et celle qu'évapore une surface libre stagnante est plus grand que l'unité quand la température est croissante, plus petit au contraire que l'unité quand la température est décroissante. En moyenne, les puissances d'évaporation de ces deux surfaces doivent être considérées comme identiques pendant le cours d'une année, les périodes de température décroissante compensant les périodes de température croissante. Or, comme

(1) Depuis que ces lignes sont écrites, nous avons reçu communication d'un mémoire de M. F. HOUDAILLE : *Mesure de l'évaporation diurne.* — Annales de l'École d'agriculture de Montpellier, vol. V), qui confirme et complète les résultats que nous annonçons.

(2) *Journal de physique*, mars 1891.

on peut sans grande chance d'erreur assimiler l'évaporation par le papier de l'appareil Piche à celle d'un terrain humide, on doit conclure qu'à ce point de vue les données de l'appareil diffèrent peu de la réalité.

Mais elles en diffèrent notablement à un autre point de vue, celui de la continuité des résultats. En effet, l'intensité de l'évaporation du sol dépend évidemment de son état d'humidité; et, par suite, assez considérable après une pluie abondante, elle diminue peu à peu jusqu'à devenir sensiblement nulle, à moins d'une nouvelle chute d'eau, en sorte que les nombres fournis par l'évaporomètre ne doivent pas être considérés comme indiquant la quantité d'eau réellement évaporée, mais celle qui se serait répandue dans l'atmosphère si le sol avait été constamment maintenu humide comme le papier de cet appareil. En revanche, leurs variations doivent donner sensiblement la loi moyenne de variation de la quantité de vapeur d'eau produite. Envisagés à ce point de vue, ces nombres peuvent donc rendre de réels services. Ainsi, les valeurs que nous avons données plus haut pour l'évaporation moyenne en un jour de chaque mois de l'année conduisent par leurs valeurs successives aux nombres suivants :

Décembre .	0^{mm}51				
Janvier. . .	0 71	Hiver . . .	0^{mm}98		
Février. . .	1 73				
Mars	3 43				
Avril. . . .	3 16	Printemps .	3 34		
Mai.	3 43				
Juin	5 45			Année .	3^{mm}00
Juillet . . .	5 46	Été.	5 53		
Août	5 67				
Septembre .	3 17				
Octobre . .	1 98	Automne. .	2 14		
Novembre .	2 28				

La courbe formée avec eux offre une analogie assez grande avec la courbe formée avec les compléments des humidités relatives moyennes mensuelles. Comme elle, elle a son maximum vers le mois d'août et son minimum vers le mois de janvier (1). Cette analogie est reconnue depuis longtemps, et M. A. Weilenmann (2) a même énoncé la loi suivante, qui fait dépendre l'évaporation uniquement de la température et de l'état hygrométrique : « *La quantité d'eau évaporée en* « *un temps donné est proportionnelle au complément à 100 de* « *l'état hygrométrique et au poids de vapeur d'eau que l'air* « *contiendrait s'il était saturé.* »

Les nombres obtenus à Lyon ne vérifient pas le moins du monde cette loi; et cela était pour ainsi dire évident *à priori*, car il n'y est tenu nul compte de l'influence pourtant considérable de la vitesse du vent. Cette influence, les nombres donnés ci-dessus pour l'évaporation, la mettent en évidence d'eux-mêmes par le maximum secondaire de mars que nous trouvons aussi dans la marche annuelle de la vitesse du vent. Mais en outre, l'observation suivante la montre de la façon la plus claire : ainsi, du 30 juillet au 1er août 1890, par un temps beau, avec des maxima diurnes de 28° et 30°, le vent ayant une vitesse moyenne de 3 mètres, on a constaté une évaporation moyenne de $4^{mm}9$; le lendemain, 1er août, le temps étant également beau, la température maxima étant très voisine des précédentes, 33°, la vitesse moyenne du vent ayant atteint 8 mètres, l'évaporation est devenue de $8^{mm}1$.

De même, dans des conditions semblables de température et d'état du ciel, l'évaporation qui était en moyenne de $3^{mm}6$ du 3 au 5 juillet 1889, par un vent de 2 mètres, a atteint

(1) Le procédé d'observation détermine mal l'époque de ce minimum, l'appareil étant inobservable dès qu'il gèle.

(2) *Die Verdunstung des Wassers.* Von prof. A. WEILENMANN. schweizen meteorologischen Beoboetungen, XII, Jahrgang.

8mm0 le 9 et le 10, le vent ayant pris de la force et ayant une vitesse de 8 à 9 mètres. De même en mars 1888, les conditions de température et d'état du ciel étant toujours les mêmes dans les deux jours, l'évaporation est descendue de 8mm2, valeur qu'elle avait le 16 par un vent du nord de 9 mètres en moyenne, à la valeur 4mm5 le 17, le vent ayant presque cessé et étant tombé à la vitesse moyenne de 2 mètres.

On pourrait multiplier ces exemples, mais ceux que nous venons de donner suffisent. J'ajouterai cependant que la comparaison des évaporations obtenues dans les diverses stations du service météorologique de Russie, avec un évaporomètre balance de Wild (1), paraît conduire à la même conclusion; les valeurs observées s'écartent en effet d'autant plus de la loi de Weilenmann que la station d'observation est plus élevée au-dessus du niveau de la mer. Quant à la loi qui relie l'évaporation et la vitesse du vent, nous ne pouvons la déduire de nos observations, à cause même de l'installation de notre abri, qui fait que l'action du vent sur l'évaporomètre n'est pas la même lorsqu'il souffle du nord, ou lorsque au contraire il souffle du sud.

Végétation. — La vie de tous les végétaux de nos campagnes est accompagnée d'une émission abondante de vapeur d'eau; c'est ce qu'on appelle la *transpiration des plantes*.

La quantité d'eau ainsi répandue dans l'atmosphère dépend, comme celle qui provient de l'évaporation, de la température et de la vitesse du vent; elle augmente notablement quand augmente l'une ou l'autre de ces deux quantités. Mais en outre elle est considérablement accrue par l'action directe des rayons solaires; ainsi, tandis que la quantité de vapeur d'eau

(1) *Ueber der Jæhrlichen Gang der Verdunstung in Russland* von Ed. Stelling. Repertorium für Meteorologie, Band VII, Heft. 1.

transpirée par une plante est en général sensiblement la même dans l'obscurité ou à la lumière diffuse, cette transpiration est quadruplée lorsqu'elle se produit sous l'action directe du soleil.

La quantité d'eau répandue ainsi dans l'atmosphère est d'ailleurs considérable et comparable à celle que l'évaporation peut y amener pendant le même intervalle de temps. Par exemple, un hectare de terre planté en avoine dégage par jour (à une époque de sa végétation) 25000 kilogrammes d'eau et un hectare de maïs transpire en dix heures 36300 kilogrammes d'eau : traduits en hauteurs d'eau, ces nombres correspondent à $2^{mm}5$ par jour et $3^{mm}6$ en 10 heures; de même les arbres de nos forêts émettent de la vapeur d'eau en quantités tout à fait comparables à celles que nous venons d'indiquer. Nous pouvons donc, sans grande chance d'erreur, estimer à 3 millimètres en moyenne la quantité d'eau émise par un hectare de terre cultivée, ce qui pour les cinq mois de la belle saison fait un total de 450 millimètres.

Quantités respectives réellement produites. — Quant au départ à faire entre l'évaporation et la végétation, au point de vue de la quantité de vapeur d'eau qu'elles répandent dans l'atmosphère, au-dessus d'une région donnée d'étendue assez grande, on peut l'obtenir approximativement à l'aide des considérations qui suivent : la quantité totale de vapeur d'eau émise par elles ne saurait évidemment surpasser celle que la région reçoit sous forme de pluie pendant tout le cours de l'année. Or, pour notre région lyonnaise, cette quantité est représentée en moyenne par une hauteur d'environ 800 millimètres ; comme d'ailleurs la surface du sol y est presque entièrement cultivée ou boisée et que la quantité d'eau due à la végétation est d'environ 400 millimètres, on peut admettre que la quantité de vapeur d'eau que chacune de ces causes amène dans l'atmosphère est sensiblement la même.

D'un autre côté, la quantité totale d'eau qui serait évaporée, si le sol était constamment humide comme le papier de l'évaporomètre est à fort peu près de $1^{m}100$, c'est-à-dire presque triple de celle qu'y produit réellement l'évaporation, on doit donc en conclure que l'évaporation du sol ne s'effectue réellement que pendant un tiers environ de l'année.

Diffusion de la vapeur d'eau. — Par suite de ces deux causes réunies la quantité de vapeur d'eau devrait être minimum à peu près en même temps que le minimum de température et celui de vitesse du vent, et croître ensuite pendant la journée jusqu'à un maximum sensiblement simultané (ou un peu plus tardif), avec ceux de la température et de la vitesse du vent, pour décroître ensuite lentement pendant toute la nuit, jusqu'au minimum dont nous avons parlé.

Or, tels ne sont point les résultats de l'observation : seul le minimum du matin paraît provenir de cet ordre de considérations; mais, tandis que le maximum de température et celui de la vitesse du vent ont lieu vers 2 heures de l'après-midi, nous trouvons dans la courbe du poids de vapeur un maximum vers midi : la courbe décroît ensuite, il est vrai, mais c'est pour arriver à une nouvelle oscillation analogue à la précédente, c'est-à-dire à un minimum suivi d'un second maximum, ayant lieu pendant la nuit, et chose bien remarquable, ce second maximum est en moyenne plus élevé que le premier. Ceci revient à dire que le poids de vapeur d'eau contenu dans un mètre cube d'air devient à un moment donné de la nuit plus grand qu'il n'a jamais été pendant la journée, où les deux causes précédentes ont cependant leur maximum d'action.

Elles ne suffisent donc pas pour expliquer les faits; il faut leur ajouter quelque phénomène nouveau, et suivant nous ce phénomène est précisément la plus grande rapidité

de la diffusion de la vapeur d'eau pendant le jour que pendant la nuit. En effet, on a établi (1) que « tout se passe « comme s'il existait dans l'atmosphère un mouvement gé- « néral de bas en haut pendant la journée, et un mouvement « de haut en bas pendant la nuit; mouvements tels, que pen- « dant la durée du jour moyen annuel fictif, l'atmosphère soit « en équilibre deux fois, le matin vers 6 h. 40 ^{m}, le soir vers « 5 h. 25 ^{m}, heures qui sont sensiblement symétriques par « rapport au milieu du jour. »

A partir du minimum du matin, la vapeur d'eau produite par l'évaporation et la végétation est donc entraînée vers les régions supérieures par ce courant ascendant, la quantité qui reste au voisinage du sol est diminuée dans une grande proportion, et le maximum est atteint lorsque la quantité d'eau enlevée par ce courant est précisément égale à celle que produisent les deux causes ci-dessus mentionnées. Les nombres relatifs au jour moyen annuel montrent que, d'une part, ce maximum y est atteint vers midi et d'autre part qu'il suit de près le maximum de vitesse de ce courant ascendant.

Dans la saison d'été, le premier maximum arrive beaucoup plus tôt que dans l'année moyenne, et cela se comprend aisément. Le sol, que le rayonnement nocturne a refroidi, reçoit beaucoup plus tôt les radiations solaires, qui sont d'ailleurs beaucoup plus actives. Cet échauffement est de bonne heure suffisant pour vaporiser l'eau que celui-ci contient, l'équilibre que nous venons d'indiquer, et par suite le moment du maximum, doit donc être plus rapidement atteint. D'un autre côté, les courants ascendants et descendants dont nous avons parlé

(1) *Influence de l'altitude sur la pression barométrique*, par Ch. ANDRÉ. Travaux de l'Observatoire de Lyon, n° 1, p. 13.

Relations entre la température et la pression à Clermont-Ferrand et à l'Observatoire du Puy-de-Dôme, pur L. TEISSERENC DE BORT. Association française pour l'avancement des sciences : 1884, p. 176.

plus haut ont leur intensité maximum en la saison d'été, ainsi que le montre le tableau suivant qui renferme les valeurs des différences théoriques et observées de la pression au sommet du Mont-Verdun, différences qui sont la mesure de l'intensité de ces courants :

HEURES	ANNÉE	ÉTÉ	HEURES	ANNÉE	ÉTÉ
0	+ 15	+ 27	12	— 26	— 36
1	+ 17	+ 31	13	— 21	— 29
2	+ 19	+ 29	14	— 19	— 27
3	+ 18	+ 32	15	— 13	— 21
4	+ 18	+ 34	16	— 9	— 16
5	+ 16	+ 32	17	— 2	— 6
6	+ 10	+ 11	18	+ 4	+ 1
7	— 6	— 14	19	+ 9	+ 9
8	— 15	— 24	20	+ 12	+ 17
9	— 19	— 31	21	+ 11	+ 16
10	— 27	— 33	22	+ 12	+ 16
11	— 30	— 35	23	+ 14	+ 22

Dès 8 heures du matin, le courant ascendant commence à prendre de la force, et son intensité augmente rapidement, si bien que vers 11 heures, la quantité d'eau qu'il emmène dans les régions supérieures est devenue égale à celle que produisent la végétation et l'évaporation : c'est le moment du maximum. L'influence du courant ascendant, dont l'intensité augmente, l'emporte ensuite et le poids de la vapeur contenue dans l'air au voisinage du sol diminue jusqu'à son minimum qu'il atteint vers 5 heures du soir. A ce moment, le courant atmosphérique change de sens, d'ascendant qu'il était il devient descendant ; il repousse alors vers le sol la vapeur d'eau des régions supérieures, et comme d'un autre côté à

cette heure de la journée, en été, la végétation et l'évaporation ont encore une activité assez grande, le poids de vapeur d'eau tend rapidement vers un nouveau maximum et rien ne s'oppose *à priori* à ce que sa valeur ne soit égale et même un peu supérieure à celle du premier. Les causes de production de vapeur d'eau diminuant alors très rapidement, la courbe s'abaisse rapidement jusqu'à un minimum beaucoup plus prononcé que dans le jour moyen annuel.

Dans la saison d'hiver, les causes de production de vapeur d'eau sont beaucoup moins intenses que dans l'été, les courants verticaux beaucoup moins puissants, et de fréquentes condensations de vapeur se produisent dès que le soleil est au-dessous de l'horizon. Aussi la courbe du poids de vapeur ne comporte-t-elle plus qu'un seul maximum, le maximum diurne et un seul minimum, celui du matin, d'ailleurs peu prononcés l'un et l'autre, et diffère-t-elle sensiblement peu d'une ligne droite le reste de la journée.

CHAPITRE VI

ÉTAT DU CIEL

L'état du ciel est caractérisé par ce que l'on appelle la *nébulosité*, c'est-à-dire la fraction du ciel visible recouverte par les nuages, fraction que nous exprimons en dixièmes, ainsi que par le temps pendant lequel le soleil est non seulement visible, mais possède un rayonnement calorifique et lumineux supérieur à une valeur déterminée, c'est la *durée d'insolation*, quantité qu'il convient d'ailleurs de comparer à la durée du séjour réel du soleil au-dessus de l'horizon : on a ainsi une troisième donnée la *fraction d'insolation*.

F. — NÉBULOSITÉ

La nébulosité est observée toutes les heures, de 7 heures du matin à 6 heures du soir, et en outre à 9 heures du soir ; on a ainsi des données qui paraissent suffisantes pour obtenir la variation annuelle et la variation diurne de cet élément, si elles existent toutes les deux.

I. — Année moyenne.

La nébulosité moyenne pour les différents mois de l'année est donnée en centièmes dans le tableau suivant :

Décembre . . .	70				
Janvier. . . .	68	Hiver.	69		
Février. . . .	69				
Mars.	60				
Avril.	64	Printemps . . .	61		
Mai.	59				
Juin	54			Année . . .	59
Juillet	47	Été.	49		
Août.	45				
Septembre. . .	42				
Octobre. . . .	59	Automne. . . .	58		
Novembre . . .	72				

Sa valeur moyenne pour l'année entière est de

59

c'est-à-dire qu'en moyenne, à l'Observatoire de Lyon, les six dixièmes du ciel visible sont recouverts par les nuages; dans le cours de l'année, d'ailleurs, cette nébulosité a une variation évidente : sensiblement constante et maximum pendant les mois de novembre, décembre, janvier et février, elle passe en mars par un minimum secondaire, offre en avril un maximum secondaire, et décroit ensuite régulièrement jusqu'en septembre, où elle a son minimum réel dont la valeur est 42, c'est-à-dire qu'en moyenne, pendant ce mois, les quatre dixièmes seulement du ciel sont recouverts par les nuages. C'est, dans nos régions, le mois où le beau temps a le plus de durée.

II. — Jour moyen.

La marche de la nébulosité dans le cours de la journée est donnée par les nombres suivants qui expriment les valeurs moyennes de cet élément aux différentes heures du jour dans les différents mois.

HEURES	DÉCEMBRE	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	ANNÉE
7	71	74	69	60	59	54	48	38	45	40	57	73	57
8	65	68	67	59	58	55	47	42	43	41	58	71	58
9	70	69	72	60	62	61	54	48	46	41	59	73	60
10	73	82	69	53	62	60	53	47	47	48	59	76	61
11	68	69	79	63	64	63	56	53	48	42	60	70	61
12	72	70	71	60	66	58	51	46	46	36	67	73	60
13	74	77	72	60	69	61	54	48	48	53	61	73	62
14	68	68	68	67	68	63	55	48	46	40	59	74	60
15	69	66	69	63	69	62	55	51	48	40	60	70	60
16	70	68	68	64	68	62	56	47	45	46	58	67	60
17	71	61	63	62	68	63	59	50	48	41	55	66	59
18	65	66	62	59	62	56	57	47	42	42	54	68	57
21	69	66	54	54	57	55	55	48	37	36	58	68	53

Dans les limites de nos heures d'observation, les valeurs relatives à l'année moyenne semblent accuser une variation diurne d'ailleurs très faible ; on y soupçonne en effet un maximum vers 1 heure de l'après-midi.

Cette variation dans la nébulosité paraîtrait donc à peu près simultanée avec le maximum diurne du poids de vapeur d'eau contenue dans un volume déterminé d'air.

G. — INSOLATION

L'appareil employé pour mesurer la durée d'insolation est l'*hélioscope* de H.-F. Campbell. Le soleil y est tout à la fois le mesureur du temps et l'enregistreur du phénomène, en brûlant successivement les différents points d'un papier déterminé appliqué contre une lame circulaire de bronze, dont le rayon est égal à la distance focale d'une boule sphérique de verre chargée de concentrer les rayons de l'astre radieux. Une échelle,

variable avec la saison, donne pour chaque jour la durée et les moments d'insolation, par la longueur et l'origine des différentes portions de papier qui ont été ainsi brûlées.

Il est dès lors facile de déduire de ces données, pour chaque mois de l'année moyenne :

1° La durée totale de l'insolation;

2° Le rapport entre cette durée à celle du séjour réel du soleil au dessus de l'horizon;

3° Le nombre de jours où le soleil a marqué sa trace sur le papier de l'enregistreur.

Nous avons réuni ces diverses quantités dans le tableau suivant:

MOIS	DURÉE TOTALE	FRACTION D'INSOLATION	NOMBRE DE JOURS	
			SANS SOLEIL	AVEC SOLEIL
Décembre	34h9	0.13	15,0	16,0
Janvier	44 5	0.16	16,5	14,5
Février	69 7	0.25	10,1	18,9
Mars	146 4	0.40	5,1	25,9
Avril	169 0	0.42	5,3	24,7
Mai	184 1	0.40	4,0	26,0
Juin	201 4	0.44	1,7	28,3
Juillet	243 6	0.52	1,0	30,0
Août	248 5	0.56	2,1	28,9
Septembre	186 7	0.49	2,6	27,4
Octobre	108 6	0.31	7,9	23,1
Novembre	61 1	0.21	11,7	18,3
Hiver	149 1	0.18	41,6	49,4
Printemps	499 5	0.41	14,4	76;6
Eté	693 5	0.50	4,8	87,2
Automne	356 4	0.35	22,2	68,8
Année	1.698 5	0.38	83,0	282,0

a) **Durée totale.** — La durée totale de l'insolation augmente d'une façon continue depuis le mois de décembre, où elle est minimum, jusqu'en août, où elle est maximum, et décroît ensuite jusqu'en décembre. Sa marche est donc analogue à celle de la température moyenne mensuelle, avec cette différence cependant que le maximum de la température a lieu en juillet et son minimum en janvier. Il convient d'ailleurs de remarquer que la durée relative au mois d'août ne surpasse celle de juillet que de 4 h. 9, soit un cinquantième de sa valeur, et que d'autre part, à Lyon, le maximum de la durée théorique du jour moyen est en juillet.

b) **Fraction d'insolation.** — La valeur de la fraction d'insolation augmente, elle aussi, d'une façon continue depuis décembre jusqu'en août, pour décroître ensuite jusqu'à son minimum.

c) **Nombre de jours avec soleil.** — Entre la marche annuelle du nombre de jours avec soleil et la température, l'analogie est plus grande encore, car le minimum du nombre de jours ensoleillés a lieu en janvier et son maximum en juillet, comme pour la température.

Il n'y a d'ailleurs pas à tenir compte de la petite irrégularité que présente cette marche annuelle en mars et en avril, car à cette époque de l'année sont nombreux les jours où le soleil n'apparaît qu'un instant, et qui, quoique n'ayant point une influence thermique comparable à celle des autres jours, n'en sont pas moins comptés comme des unités identiques.

Quoi qu'il en soit, à Lyon (Saint-Genis), en juillet, on n'est en moyenne privé qu'un seul jour de la vue complète du soleil; et, d'autre part, pendant ce mois, son rayonnement dépasse l'intensité origine pendant un intervalle de temps supérieur à la moitié de son séjour réel au-dessus de notre horizon.

d) **Comparaison de l'insolation et de la nébulosité.** — La durée de l'intervalle pendant lequel le soleil est nettement visible et la nébulosité moyenne sont évidemment en relation l'une avec l'autre ; et même certains observateurs ont énoncé cette loi simple (1) : « *La nébulosité et la fraction d'insolation exprimées en centièmes sont complémentaires l'une de l'autre.* »

Ceci revient à dire qu'en moyenne les nuages sont aussi fréquents sur la portion de notre ciel visible parcourue par le soleil (portion sud) pendant l'année, que sur l'autre portion (portion nord) que le soleil ne visite jamais. Cette loi suppose en outre que dans la station d'observation il est constamment possible d'estimer la nébulosité.

Or, à l'Observatoire de Lyon, la règle est en temps de brouillard de ne pas noter la nébulosité, qui est évidemment alors une notion illusoire, puisque à 300 mètres au-dessus de nous, au sommet du Mont-Verdun, le ciel est alors bien fréquemment absolument beau.

Il en résulte qu'à des jours sans insolation directe correspondent dans nos relevés des jours où aucune nébulosité n'est marquée, tandis que pour la vérification de la loi précédente, elle devrait être représentée par 100. Pendant le mois où le brouillard est fréquent, la nébulosité déduite de nos relevés doit donc être inférieure au complément de la fraction d'insolation, et cela sans que nous soyons en droit d'en infirmer la loi précédente. Cette réserve faite, voici les valeurs de la somme de la nébulosité et de la fraction d'insolation pour les différents mois de l'année moyenne :

Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
83	84	94	100	106	99
Juin	**Juillet**	**Août**	**Septembre**	**Octobre**	**Novembre**
98	99	101	91	90	93

(1) *La Nébulosité et l'Héliographe Campbell*, par Cœurdevache. — *Annuaire* de la Société météorologique de France, 1886, p. 148.

La somme des deux nombres ne peut être considérée comme égale à 100 que pour les cinq mois de mars, mai, juin, juillet et août. En avril, elle est notablement supérieure à 100, et pendant les six autres mois, elle lui est au contraire de beaucoup inférieure. Or, si la présence des brouillards peut expliquer la faiblesse de cette somme pour les mois d'octobre, novembre, décembre et janvier, elle ne peut être invoquée pour le mois de septembre; il semble donc qu'on doive conclure de là que, aux environs des équinoxes, la nébulosité a dans nos régions un caractère spécial, plus forte dans la portion nord du ciel que dans l'autre moitié aux environs de l'équinoxe de printemps, elle est au contraire plus forte dans la moitié sud aux environs de l'équinoxe d'automne.

Ces discordances avec la loi ci-dessus énoncée ne sont d'ailleurs pas limitées à nos régions; ainsi, pour les deux stations dont je connaisse à la fois la nébulosité et la fraction d'insolation (1), Vienne et Saint-Pétersbourg, les sommes moyennes mensuelles de ces deux quantités sont les suivantes :

	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.
Vienne.....	100	105	98	99	87	98	99	104	98	90	76	101
St Pétersbourg.	91	100	102	103	110	102	107	103	112	102	98	92

La loi rappelée plus haut n'est donc qu'approximative, et les hypothèses sur lesquelles elle repose ne peuvent pas être admises d'une façon constante.

H. — BROUILLARDS — ORAGES — GELÉES

Comme complément des données relatives à l'état du ciel nous parlerons maintenant des jours où il y a eu brume ou brouillard, orage ou gelée, jours qui ont une signification importante pour l'agriculture.

(1) *Jahrbuch der Meteorologie.* Von J. Van Bebber, p. 188 et 190.

Nous appelons jours *brumeux* chaque jour ou de la brume ou du brouillard cachant les objets au delà de 1,500 mètres a été notée *au moins une fois* pendant la journée dans *toutes les directions*. Les jours où la brume n'a été notée qu'à l'est (au-dessus du Rhône) ne sont donc pas compris dans notre définition, la présence de cette brume tenant alors surtout à une cause très localisée et presque indépendante de l'état général de l'atmosphère. Les jours avec *brouillard* sont définis de même lorsque les objets disparaissent à moins de 1,500 mètres. Mais nous avons ajouté ici une distinction importante: nous avons noté à part les jours où le brouillard a été assez intense pour empêcher de noter la nébulosité du ciel pendant plus ou moins longtemps.

Les jours *orageux* sont ceux où, de l'Observatoire, on a entendu le tonnerre, même *très faiblement*; en raison de notre situation isolée sur une colline centrale, au milieu d'un vaste cirque de montagnes, le nombre des jours orageux observés ici doit évidemment être beaucoup plus grand que celui que l'on constate à notre station du parc de la Tête-d'Or. En même temps que les jours orageux, nous notons ceux où, sans entendre le bruit du tonnerre, on a de l'Observatoire aperçu des *éclairs* au loin, dans quelque direction que ce soit.

Avec les différents nombres qui précèdent, on a constitué, pour la période de dix ans qui nous occupe, une sorte d'année moyenne correspondante à chacun des phénomènes ci-dessus indiqués. Le tableau suivant en donne les éléments (la première colonne indique le nombre total de jours de brouillard).

Les valeurs précédentes sont l'occasion de quelques remarques. Sur les quarante-trois jours de brouillard (tels que nous les avons définis) que renferme l'année moyenne, trois sont compris entre l'équinoxe du printemps et celui d'automne, quant aux quarante autres, ils se trouvent de l'équinoxe d'automne à l'équinoxe du printemps; parmi eux se comptent

d'ailleurs tous les jours (18) (sauf 0,2 par an) de brouillard intense. Ainsi, à l'Observatoire, c'est la moitié automno-hiver-

HEURES	JOURS DE BROUILLARD	JOURS DE BROUILLARD INTENSE	JOURS BRUMEUX	JOURS ORAGEUX	JOURS AVEC ÉCLAIRS	JOURS DE GELÉE
Décembre ...	7.6	4.2	11.1	0.4	0 1	15.9
Janvier......	10.6	6.2	12.1	»	0.1	19.7
Février......	5.3	2.2	11.9	0.1	0.2	13.1
Mars........	1.1	»	12.9	1.1	0.5	9.2
Avril........	0.8	0.1	9.7	2.8	1.3	1.2
Mai.........	0.5	»	9.5	6.0	2.7	»
Juin.........	0.2	»	11.6	8.6	2.8	»
Juillet.......	0.1	»	12.4	8.4	3.3	»
Août........	1.4	0.1	12.3	7.0	3.4	»
Septembre...	2.3	»	12.4	4.3	2.3	»
Octobre.....	6.0	2.1	10.2	0.9	0.4	1.4
Novembre...	6.8	3.1	11.2	0.6	0.6	4 5
Année.......	42.7	18.5	137.3	40.2	17.7	65.0

nale de l'année qui renferme presque tous les jours de brouillard. Il en est tout autrement des jours brumeux; ceux-ci sont au contraire à fort peu près, uniformément répartis pendant tout le cours de l'année, à raison de onze ou douze par mois en moyenne. Ce mode de distribution annuelle établit entre les deux ordres de phénomènes une distinction caractéristique et tend à leur faire supposer une cause différente.

Les jours *orageux* ou *avec éclairs* appartiennent en très grande majorité aux huit mois, de mars à octobre inclusivement; le nombre mensuel de ces jours augmente progressivement de mars en juin et juillet, où il trouve son maximum; de novembre à mars, on ne rencontre parfois qu'un jour orageux et un jour avec éclair: ajoutons que dans la période décennale actuelle, on ne signale aucun jour orageux en janvier.

Les *gelées* s'étendent du mois d'octobre au mois d'avril inclusivement; leur nombre mensuel augmente pendant ce temps d'une façon continue jusqu'en janvier, mois qui contient le tiers du total annuel; il diminue ensuite et tout aussi progressivement, de sorte que pour chacun des mois d'avril et d'octobre, on ne compte en moyenne par an qu'un seul jour de gelée.

CHAPITRE VII

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE

L'instrument dont nous nous servons pour étudier les variations de l'électricité athmosphérique est un électromètre à enregistrement photographique, du système de M. Mascart. Cet appareil est installé dans une portion bien aérée du sous-sol du pavillon météorologique; son collecteur d'électricité, formé par un tube à écoulement continu d'eau, est à 3 m. 50 au-dessus du sol et se termine à 1 m. 20 de ce pavillon; sur le plan horizontal, 15 mètres le séparent de l'arbre le plus proche qui a aujourd'hui à peine 4 mètres de haut, mais quelques petits arbustes de 0 m. 80 de hauteur sont à 1 m. 50 de là, au sud, dans le même plan.

Les secteurs de l'électromètre sont chargés avec une pile Gouy de 24 éléments, et une autre pile de même espèce de 90 éléments sert pour la vérification de l'isolement de l'appareil. Cet isolement est déterminé tous les jours vers 9 heures du matin, et les isolateurs changés dès que la perte de charge est devenue supérieure à un dixième; une graduation est faite toutes les semaines, et les résultats des relevés horaires exprimés en volts au moyen d'échelles appropriées.

I. — OBSERVATIONS DE LYON

Pour nous conformer à l'usage admis, nous avons fait d'abord deux portions des nombres ainsi obtenus : tous ceux

qui correspondent à un temps pluvieux, neigeux, de brouillard ou orageux, c'est-à-dire à une courbe d'aspect notoirement différent de l'aspect moyen, ont été provisoirement laissés de côté, et on a employé les autres au même titre pour en déduire les moyennes qui suivent.

I. — Année moyenne.

Les valeurs moyennes du potentiel électrique pour les différents mois et saisons sont les suivantes :

Décembre. .	151^{v}6				
Janvier . . .	179 9	Hiver.	158^{v}6		
Février . . .	143 9				
Mars.	109 8				
Avril.	92 4	Printemps .	93 6		
Mai	77 8			Année. .	103^{v}1
Juin.	77 7				
Juillet. . . .	76 4	Été	77 2		
Août.	77 1				
Septembre .	80 2				
Octobre. . .	106 0	Automne . .	108 6		
Novembre .	142 3				

L'étude des nombres de ce tableau montre que le potentiel électrique, au point où nous le mesurons, varie pendant le cours de l'année suivant une courbe sinusoïdale présentant un seul maximum et un seul minimum ; le maximum nettement délimité correspond au mois de janvier, comme le maximum de l'état hygrométrique moyen mensuel et le minimum de la température ; le minimum est au contraire assez mal déterminé, le potentiel moyen mensuel étant sensiblement le même pendant les quatre mois de mai, juin,

juillet et août : la courbe qui donne le complément de l'évaporation moyenne annuelle offre quelque chose d'analogue ; mais l'analogie est surtout considérable entre l'humidité relative et le potentiel électrique, les courbes qui représentent leurs marches annuelles étant presque entièrement superposables (*fig.* 2).

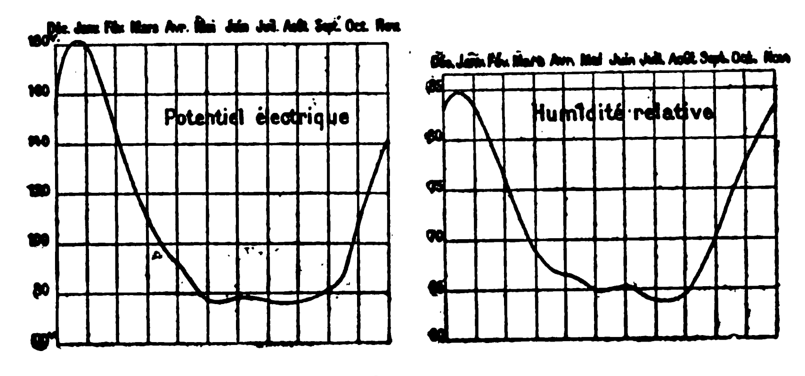


FIG. 2.

Il convient de remarquer aussi que l'amplitude de l'oscillation annuelle du potentiel électrique est relativement considérable, elle est de $103^{v}5$, bien supérieure à la valeur minimum de ce potentiel.

II. — JOUR MOYEN.

Jour moyen annuel. — A l'aide des données de l'enregistreur, on a construit un jour moyen pour les différents mois et saisons de l'année ainsi qu'un jour moyen annuel fictif qui les résume tous (pl. I).

Prenons ce dernier comme type. Son étude et l'examen de la courbe qui le représente montrent que, comme la pression barométrique et le poids de vapeur d'eau, le potentiel électrique est soumis dans le cours de la journée à une double

HEURES	DÉCEMBRE	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	ANNÉE
0	130	159	131	91	78	69	67	66	63	62	87	135	92
1	121	152	121	86	75	64	66	60	58	61	82	130	87
2	117	158	115	83	77	61	61	56	57	60	79	124	85
3	120	148	111	82	72	59	62	53	55	62	81	114	82
4	126	143	109	86	76	63	62	51	56	65	86	120	84
5	129	142	117	90	82	67	67	58	60	69	95	119	88
6	124	164	130	97	95	86	84	72	69	78	107	127	100
7	148	178	138	119	114	102	97	91	90	92	115	143	116
8	157	187	153	138	127	108	99	99	101	110	138	153	128
9	166	199	167	137	121	107	95	97	104	105	143	168	131
10	167	202	152	130	106	90	84	93	101	94	123	151	121
11	167	197	152	127	97	78	78	86	94	89	111	145	115
12	169	197	157	126	93	76	73	86	88	85	107	140	114
13	163	188	160	123	97	74	72	82	84	82	107	136	112
14	159	182	150	118	91	74	75	80	79	77	102	135	109
15	156	176	152	112	93	74	72	77	75	80	104	137	108
16	160	181	154	103	89	71	73	77	75	76	101	135	107
17	173	186	147	103	84	71	75	78	74	78	103	149	109
18	181	200	143	116	95	76	81	76	76	90	124	155	117
19	181	203	170	131	101	83	86	84	90	102	130	170	126
20	176	210	166	127	108	88	91	87	90	97	124	169	125
21	168	199	160	122	97	87	99	84	84	87	115	164	118
22	155	189	153	107	88	77	84	80	76	74	105	152	109
23	139	191	139	98	81	71	79	73	68	67	95	148	101
24	130	167	130	93	73	68	69	64	62	63	87	138	93

oscillation, l'une diurne, l'autre nocturne, dont les points extrêmes et les amplitudes sont :

	Heures	Valeurs	Amplitude de l'oscillation	
1er minimum....	$3^h 0$	82^v		
1er maximum...	8 3	132	diurne...	25^v
2e minimum...	16 2	107	nocturne	45
2e maximum...	19 1	127		

Le minimum nocturne est de beaucoup inférieur au minimum diurne, tandis que les deux maxima sont à peu près

de même valeur; il en résulte que l'amplitude de l'oscillation diurne est environ moitié moindre que celle de l'oscillation nocturne. Malgré cette double oscillation, le potentiel ne passe que deux fois pendant la journée, à 6 h. 3 et à 22 h. 8, par sa valeur moyenne.

Jour moyen des saisons. — Le jour moyen de chacune des saisons ressemble d'ailleurs dans son ensemble à ce jour moyen type. Les heures tropiques y varient de la même manière que pour les deux éléments météorologiques cités plus haut, les deux maxima s'écartent l'un de l'autre de l'hiver à l'été, pour se rapprocher des heures du lever et du coucher du soleil. Voici d'ailleurs le tableau des éléments de ces diverses variations diurnes :

	Premier minimum	Premier maximum	Second minimum	Second maxim. m
Hiver	124 v. à 3 h. 5	180 v. à 10 h. 5	161 v. à 14 h. 8	184 v. à 19 h. 4
Printemps	71 v. à 3 h. 0	126 v. à 8 h. 4	85 v. à 16 h. 6	138 v. à 20 h. 0
Été	56 v. à 3 h. 0	100 v. à 8 h. 2	75 v. à 15 h. 2	90 v. à 19 h. 9
Automne	85 v. à 2 h. 5	138 v. à 8 h. 8	102 v. à 15 h. 0	129 v. à 19 h. 2

	Amplitude de l'oscillation diurne.		Amplitude de l'oscillation nocturne.	
Hiver		19 v.		60 v.
Printemps		41		67
Été		25		34
Automne		36		44

On voit que l'amplitude de l'oscillation diurne est minimum en hiver; tandis que l'oscillation nocturne a sa plus grande amplitude au printemps, sa valeur en hiver étant d'ailleurs peu différente de ce qu'elle est dans cette dernière saison.

Il convient aussi de remarquer qu'en aucune des saisons nous ne trouvons le maximum secondaire de midi, que M. Mascart a constaté au Collège de France et que l'on a retrouvé à Greenwich et à Perpignan. Or, le Collège de France et les observatoires de Greenwich et de Perpignan sont tous trois à une très faible altitude au-dessus du niveau de la mer (45 mètres au plus), tandis que l'Observatoire de Lyon est à

l'altitude de 300 mètres; la différence d'altitude aurait donc sur la variation diurne du potentiel un effet de simplification analogue à celui qu'elle produit sur la variation diurne du baromètre.

Cependant, nous rencontrons en hiver une oscillation secondaire de 8 v. d'amplitude de 9 heures à 12 heures du matin, et en automne une autre oscillation secondaire beaucoup plus faible d'ailleurs (3 volts) de 14 heures à 16 heures.

Quoi qu'il en soit, la variation diurne de l'électricité atmosphérique, telle que nous venons de la trouver, n'est évidemment qu'un résultat de moyennes, et pour avoir sur ce phénomène des notions exactes, il convient de l'analyser aussi complètement que possible

III. — Jours beaux.

Définition. — Dans ce but, nous considérerons à part les jours beaux (1) où aucun apport de nuages ne peut venir altérer la régularité du phénomène si elle existe, et nous laisserons de côté les jours où, par une cause ou par une autre, la courbe de l'enregistreur a été incomplète. La période de six ans que nous considérons renferme cent trente-neuf jours répondant à la condition ci-dessus; partageons-les par saisons (34 jours en hiver, 37 au printemps, 46 en été et 19 en automne), et déterminons pour chacune d'elles le potentiel moyen et la variation diurne.

Variation annuelle. — Les valeurs du potentiel moyen pour chaque saison, à côté desquelles nous avons inscrit les valeurs moyennes précédemment trouvées, sont les suivantes :

(1) Nous appelons ainsi les jours non brumeux où, sur nos treize observations quotidiennes de nébulosité, une seule donne une valeur au plus égale à un dixième.

	Jours beaux	Moyenne totale.
Hiver.	132ᵛ1	158ᵛ6
Printemps.	96 7	93 6
Été.	81 8	77 2
Automne.	74 7	108 6

Ce tableau montre que le potentiel moyen correspondant aux jours beaux n'est pas constant; il varie avec la saison, mais la loi de sa variation annuelle n'est pas la même que celle qui correspond à l'ensemble des jours et que nous avons déterminée plus haut. D'un autre côté, tandis qu'au printemps et en été le potentiel des jours beaux est en moyenne plus élevé que celui donné par le relevé complet, c'est l'inverse pour l'automne et l'hiver : cette différence doit être attribuée aux brouillards dont l'élimination ne saurait être complète dans le relevé général et qui, par l'accroissement intense et rapide qu'ils causent dans le potentiel, en augmentent beaucoup la valeur moyenne.

Variation diurne. — Quant à la variation diurne moyenne déduite des jours compris dans chaque saison, on constate que, si elle est sensiblement la même au printemps et en automne, elle a au contraire une allure différente pour la saison d'été. On a, en effet, pour les éléments de cette variation, les valeurs suivantes :

	1ᵉʳ MINIMUM		1ᵉʳ MAXIMUM		2ᵉ MINIMUM		2ᵉ MAXIMUM	
	VALEUR	HEURE	VALEUR	HEURE	VALEUR	HEURE	VALEUR	HEURE
HIVER.	99ᵛ	3h0	155ᵛ	10h	128ᵛ	17h0	160ᵛ	20h0
PRINTEMPS. . .	66	3,0	127	8,0	92	17,0	115	20,0
ÉTÉ.	59	4,6	105	8,0	82	17,0	105	20,0
AUTOMNE. . . .	55	1,2	101	7,8	71	17,0	82	19,0

On en déduit pour les amplitudes des deux oscillations.

	AMPLITUDE DIURNE		AMPLITUDE NOCTURNE	
	VALEUR	DURÉE	VALEUR	DURÉE
HIVER.......	27 v	7h0	61 v	7h0
PRINTEMPS......	35	9,0	52	7,0
ÉTÉ...........	24	9,0	46	8,6
AUTOMNE.......	30	9,2	27	6,2

Ainsi, d'une part en hiver et en été, les deux maxima sont égaux, tandis que dans les deux autres saisons le maximum diurne est beaucoup plus élevé que l'autre; et d'autre part, tandis que l'amplitude diurne a sensiblement la même valeur en toute saison, celle de l'amplitude nocturne est maximum en hiver et va en décroissant d'une façon continue pendant le cours de l'année.

Il semble donc qu'il n'y ait pas lieu de chercher à obtenir, même par beau temps, une variation diurne normale de l'électricité atmosphérique. Mais si l'on cherche à se rendre compte des causes de ces différentes variations, et si dans ce but on classe les jours beaux ci-dessus suivant la direction générale du vent pendant la journée, on trouve qu'en hiver, et sur 34 jours, on en a 17 de vent de nord et 17 de vent de sud; au printemps, et sur 37 jours, on en a 14 de vent sud et 21 de vent nord; en automne sur 19, 7 de vent sud et 12 de vent nord; et en été enfin sur 46, 11 seulement de vent sud et 35 de vent nord. Il semble donc que ce soit la prédominance des jours de vent du nord qui donne à la variation diurne estivale son caractère particulier.

Division des jours calmes et sereins en deux groupes. — On se trouve ainsi conduit à serrer le problème de plus près et à l'analyser davantage. Afin d'éliminer l'influence possible de la

vitesse du vent, nous prendrons d'abord à part les jours beaux et calmes ou de vent faible, c'est-à-dire où la vitesse du vent ne dépasse à aucune heure 2 m. 50 à la seconde, c'est ce qu'on est dans l'habitude d'appeler un *temps calme et serein*, et nous déterminerons la variation diurne correspondante à ces deux groupes pour la saison d'été. Nous avons obtenu ainsi deux variations diurnes différentes (fig. 3), quoique les heures des points critiques y soient sensiblement les mêmes :

	Vent de nord	Vent de sud
1er minimum . .	52 v.	53 v.
1er maximum . .	106	119
2e minimum. . .	86	46
2e maximum. . .	118	77
Amplit. diurne .	40	73
Amplit. nocturne	66	24

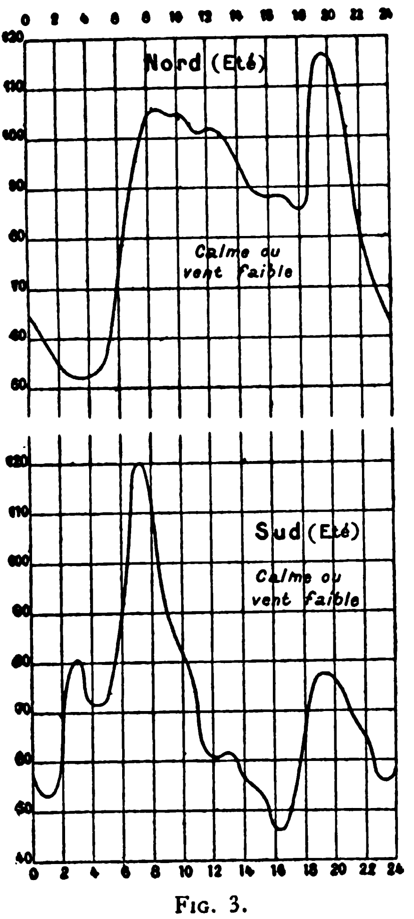


Fig. 3.

La valeur du minimum nocturne y est constante; mais par vent du nord, le maximum diurne est notablement plus faible que le maximum nocturne, tandis que par vent du sud, c'est le premier qui l'emporte de beaucoup sur le second; en outre, le minimum diurne par vent du sud est sensiblement moitié moindre que par vent de nord. Il en résulte que, par vent de nord, l'amplitude nocturne est plus considérable que l'amplitude diurne, tandis que par vent du sud, cette dernière est sensiblement triple de la première.

On doit conclure de là que, *par temps calme et ciel serein*, il y a à Lyon (Saint-Genis) deux variations diurnes différentes de l'électricité atmosphérique.

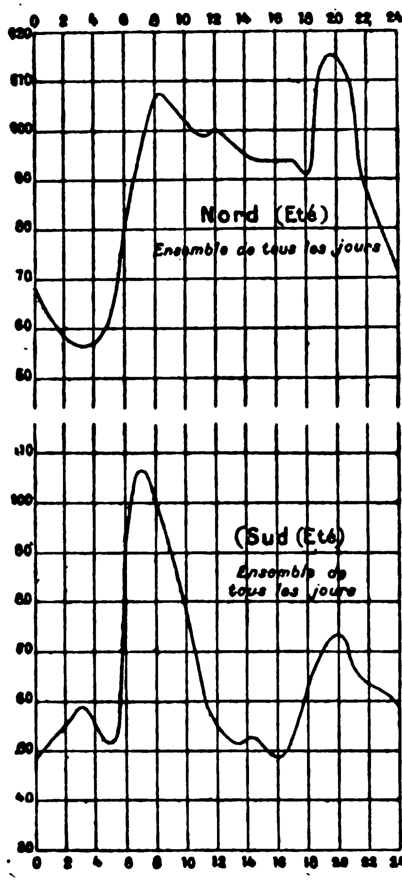


Fig. 4.

Division des jours beaux en deux groupes. — L'adjonction à ces jours calmes de ceux où, toutes choses étant égales d'ailleurs, le vent souffle plus ou moins fortement, ne change point l'allure générale du phénomène (fig. 4), ainsi que le montrent les nombres suivants :

	Vent de nord	Vent de sud
1er minimum . .	57 v.	51 v.
1er maximum . .	107	106
2e minimum. . .	91	49
2e maximum. . .	116	75
Amplit. diurne .	16	57
Amplit. nocturne	59	24

La vitesse du vent n'a donc pas, par elle-même, d'influence sensible; et pour les trois autres saisons nous pouvons nous borner à partager les jours beaux en deux groupes : l'un de vent de sud, l'autre de vent de nord; nous avon sainsi :

		1er min.	1er max.	2e min.	2e max.	Ampl. diurne	Ampl. nocturne
Hiver	N.	94 v.	153 v.	135 v.	170 v.	18 v.	76 v.
Id.	S.	108	169	118	147	51	39
Printemps	N.	88	109	91	118	18	25
Id.	S.	69	157	94	125	63	56
Automne	N.	47	81	71	84	10	37
Id.	S.	59	120	56	74	64	15

Il est visible que dans chaque saison se conservent les caractères différentiels des deux marches diurnes : par vent de nord les deux maxima sont sensiblement égaux et l'amplitude diurne moindre que l'amplitude nocturne, tandis que par vent de sud le maximum du matin est toujours notablement plus élevé que celui du soir et l'amplitude diurne toujours supérieure à l'amplitude nocturne.

Ces variations ont d'ailleurs ce point commun, que les heures des différents maxima et minima y paraissent à peu près constantes en toutes saisons ; il y a donc lieu, semble-t-il, de combiner toutes les belles journées de ces trois saisons où le vent a été nord, et toutes celles où il a soufflé du sud, afin d'en déduire pour ainsi dire le mode type de variation diurne qui correspond à chacun de ces deux cas. L'ensemble des jours dont on dispose est alors de 100, 32 correspondant à un vent dominant de sud et 68 à un vent général de nord ; les courbes que l'on obtient ainsi (fig. 5) ne diffèrent pas sensiblement de celles qui précèdent.

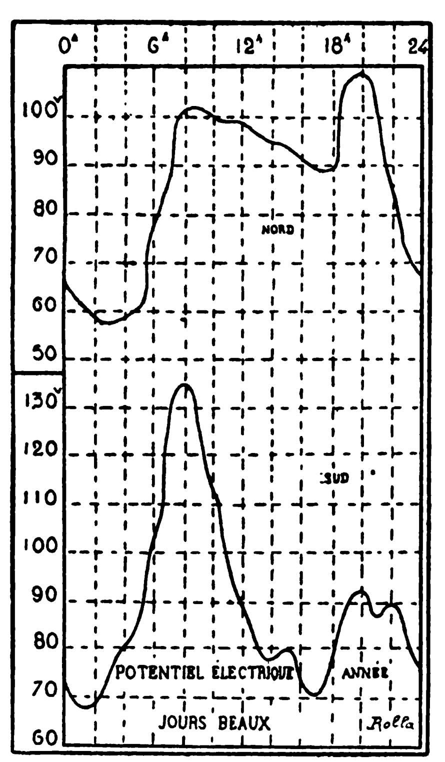


Fig. 5.

Par vent de sud, le maximum du matin est encore beaucoup supérieur (135 v.) à ce qu'il est par vent de nord (101 v.), et l'inverse se produit pour le maximum du soir (92 v. par vent de S.,

108 par vent de N.). D'autre part, pendant les jours de vent de sud, le minimum moyen diurne a sensiblement la même valeur (70 v.) que le minimum nocturne, tandis que par vent de nord, le minimum diurne est bien plus élevé (89 v.) que le minimum nocturne (57 v.).

Il en résulte que, par vent de sud, l'amplitude diurne a une valeur sensiblement triple de l'amplitude nocturne, tandis que par vent de nord, la seconde est sensiblement quintuple de la première. C'est ce que montre le tableau suivant, qui donne en même temps les heures tropiques de ces deux variations diurnes :

	1er min.	1er max.	2e min.	2e max.	Ap. d.	Ap. n.
Vent de N.	57 v. à 3 h.	101 v. à 8 h.	89 v. à 18 h.	108 v. à 20 h.	12 v.	51 v.
Vent de S.	68 v. à 2 h.	136 v. à 8 h.	70 v. à 16 h. 7	92 v. à 20 h.	65 v.	25 v.

De tous ces faits, on doit conclure que la variation diurne que l'on constate par beau temps dans le potentiel électrique de l'atmosphère, est la combinaison de deux variations diurnes d'allure différente et correspondantes à deux modes différents de distribution des pressions relativement au lieu d'observation. C'est là, à notre avis, un fait important qui établit une liaison directe entre les variations de l'électricité atmosphérique et celles des éléments météorologiques ordinaires.

Électricité négative par beau temps. — Cette liaison se montre encore bien nettement dans le fait remarquable que voici : parfois par vent de sud (nous n'avons pas rencontré pareil phénomène par vent de nord, quoique ce rhumb soit ici le plus fréquenté), le minimum de l'après-midi se creuse (fig. 6) et passe au négatif, sans que l'allure générale de la courbe enregistrée diffère alors sensiblement de son allure ordinaire, et que les oscillations y soient à ce moment plus rapides ; le mode de variation diurne y est aussi le même que pour les autres jours, quoique plus accentué ; d'un autre côté, la vitesse du vent n'y devient pas nécessairement très considérable.

Ainsi, dans la série d'observations que nous discutons, nous comptons trois jours de cet ordre : le 24 juin et le 15 septembre 1885 et le 10 juillet 1889 ; or, les maxima de vitesse du vent, qui sont concomitants aux minima électriques, sont de 6 m. 4 le 24 juin 1885, de 11 m. 8 le 10 juillet 1889, et de 15 m. 0 le 15 septembre 1885.

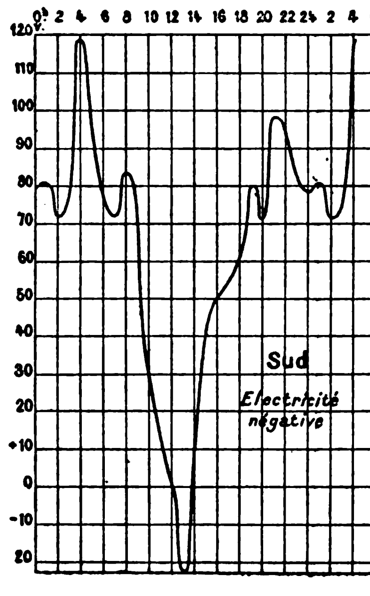


Fig. 6.

Mais ces jours-là, l'état météorologique, sensiblement le même dans les trois cas, est tout spécial, caractérisé par les faits suivants.

1° Temps beau et chaud non seulement le jour, mais la veille et le lendemain, et cela sur le centre et le sud-est de la France ;

2° Distribution anormale de la température suivant la verticale. Ainsi on a, pour les jours cités, les minima suivants au Parc et au Mont-Verdun, ainsi qu'à Clermont et au sommet du Puy-de-Dôme.

	Parc (175 m.)	Mont-Verdun (625 m.)	Clermont (388 m.)	Puy-de-Dôme (1467 m.)
24 juin 1885. . . .	9°5	12°8	6°2	8°5
15 septembre 1885.	9°4	12°9	5°7	14°5
10 juillet 1889. . .	16°7	18°7	15°0	15°3

3° Une très grande sécheresse relative de l'atmosphère.

Ainsi, depuis l'année 1883, époque où a été installé notre hygromètre enregistreur, on ne trouve pendant les mois de juin, juillet et août que 11 jours dont l'humidité moyenne soit

inférieure, et encore de fort peu, à l'humidité moyenne 45,7 du 24 juin 1885, et 15 pour lesquels elle est inférieure à la valeur 47,3, qui correspond au 10 juillet 1889. De même pendant le mois de septembre, on ne trouve, pour les huit années, que 7 jours dont l'humidité moyenne est inférieure à 56,9, valeur qui correspond au 15 septembre 1885. Fait peut-être encore plus significatif, le minimum absolu d'humidité relative du 24 juin 1885, dont l'heure tombe au milieu de ces chutes négatives, est le minimum absolu de l'humidité relative pour la période de juin, juillet et août pendant les huit années; et si l'on y trouve 79 jours (sur 720) où le minimum soit inférieur à celui du 10 juillet 1889, on ne trouve dans les huit mois de septembre que 8 jours où le minimum hygrométrique soit inférieur, et encore de fort peu, à celui du 10 septembre 1885.

4° Une grande visibilité du Mont-Blanc et de la chaîne entière des Alpes, conséquence des deux caractères précédents.

Il y a évidemment là un ensemble de caractères locaux tout à fait remarquable, auquel correspond d'ailleurs une distribution générale des pressions également intéressante, à savoir : centre de hautes pressions sur le centre de l'Europe et basses pressions au large de nos côtes occidentales.

Les relations entre l'électricité atmosphérique et les éléments météorologiques ordinaires s'accusent donc assez nettement. On peut pousser plus loin la démonstration de leur existence.

III. — Retour sur la variation diurne de certains éléments météorologiques.

Les changements que nous venons de constater dans le mode de variation diurne du potentiel électrique, avec la distribution

des pressions par rapport au lieu d'observation, ne sont en effet point limitées à cet élément; on les constate aussi dans la pression barométrique, le vent et le poids de vapeur d'eau contenu dans un volume déterminé d'air.

Pression barométrique. — Prenons d'abord comme exemple la saison du printemps : l'ensemble de ses jours pour nos dix années d'observation conduit à une variation diurne dans laquelle l'oscillation diurne a une amplitude de $0^{mm}96$, et l'oscillation nocturne une amplitude de $0^{mm}52$, sensiblement moitié de la précédente.

Considérons maintenant à part les jours beaux que nous avons pris pour l'étude de l'électricité atmosphérique, et groupons ces jours par vent de nord et par vent de sud comme nous l'avons fait plus haut, nous trouverons alors deux modes de variation diurne notablement différents du précédent et différents aussi l'un de l'autre; l'amplitude de l'oscillation diurne étant de $1^{mm}40$ dans le premier groupe et de $1^{mm}70$ dans le second, tandis que celle de l'oscillation nocturne n'est plus que de $0^{mm}12$ dans le premier cas et sensiblement nulle dans le second.

Les autres saisons donnent des résultats analogues, et il est à remarquer que si les heures tropiques varient un peu d'une saison à l'autre, elles sont les mêmes en chaque saison pour les deux groupes. Le tableau suivant renferme d'ailleurs les éléments de cette comparaison.

	Complet.		Nord.		Sud.	
	Amplitude de l'oscillation.					
	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne
Hiver. . .	$0^{mm}76$	$0^{mm}45$	$0^{mm}88$	$0^{mm}28$	$1^{mm}18$	$0^{mm}08$
Printemps	0 96	0 50	1 40	0 12	1 70	0 00
Été	1 01	0 25	1 23	0 11	1 91	0 01
Automne.	0 80	0 91	1 04	0 25	1 36	0 17

Par vent de sud l'amplitude de l'oscillation diurne est constamment maximum et celle de l'oscillation nocturne constamment réduite à une valeur faible ou nulle.

Poids de la vapeur d'eau. — Procédons d'une façon analogue pour le poids de la vapeur d'eau contenue dans l'unité de volume d'air.

Comparons d'abord la variation diurne moyenne déduite de la totalité des jours d'observation à celle que l'on obtient en ne considérant que les jours beaux ci-dessus indiqués, nous aurons les nombres suivants :

	Complet.		Jours beaux.	
	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne
Hiver. . . .	0gr28		0gr32	0gr38
Printemps .	0 24	0 39	0 61	0 34
Été	0 41	0 68	0 88	0 72
Automne. .	0 27	0 47	0 98	0 41

Il en résulte que, si dans la courbe de variation diurne générale, l'amplitude de l'oscillation nocturne est toujours plus considérable que celle de l'oscillation diurne, c'est précisément l'inverse qui a lieu pour celle qui résulte, dans chaque saison, de l'ensemble des jours beaux dont il s'agit.

Poussons plus loin l'analyse, et séparons ces jours beaux en deux groupes renfermant, l'un les jours où le vent dominant est nord, l'autre ceux où il est sud, nous aurons pour amplitudes des mêmes oscillations :

	Nord.		Sud.	
	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne
Hiver. . . .	0gr15	0gr37	0gr58	0gr42
Printemps .	0 49	0 34	0 96	0 49
Été.	0 60	0 84	1 70	0 39
Automne. .	0 40	0 71	2 27	0 50

Ce tableau et la fig. (7) qui se rapporte à la saison d'été montrent bien la différence des deux variations diurnes. Par vent du nord, l'oscillation nocturne est ou égale ou supérieure à l'oscillation diurne; par vent du sud, au contraire, c'est cette dernière qui est de beaucoup la plus considérable.

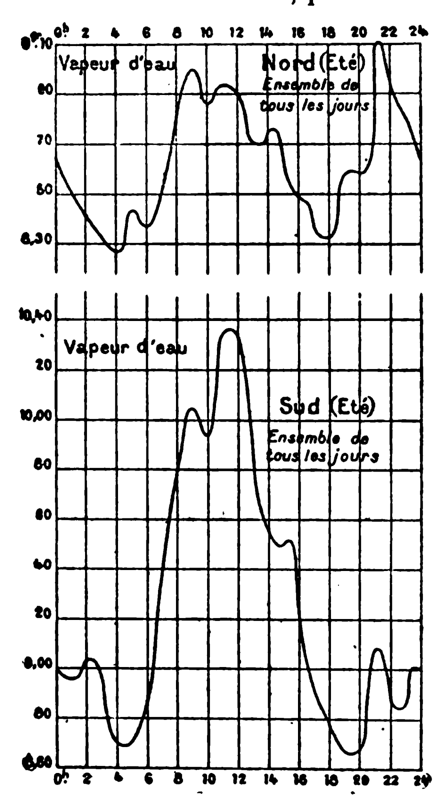


Fig. 7.

Quant aux heures des maxima et des minima, autant qu'on en peut juger par les éléments dont nous disposons, elles paraissent être sensiblement les mêmes dans l'un ou l'autre groupe de chaque saison. On comprend d'ailleurs aisément qu'elles puissent différer des heures tropiques analogues pour la pression, l'évaporation et la végétation fournissant à l'atmosphère de la vapeur d'une façon pour ainsi dire continue.

Vents. — L'étude de la marche diurne du vent, faite d'après les mêmes règles, conduit à des différences analogues. Nous nous contenterons d'étudier la saison d'été et, pour chacun des deux groupes de jours précédents, chercherons la direction et l'intensité du vent résultant à chaque heure du jour moyen.

Pour le groupe de sud (fig. 8), le vent qui souffle de l'OSO à minuit se rapproche peu à peu du sud qu'il atteint à 5 heures du matin, passe ensuite du côté est s'avance jusqu'au SSE, qu'il atteint vers midi; il retourne ensuite vers le sud, qu'il traverse à 6 heures du soir pour revenir à l'OSO à minuit.

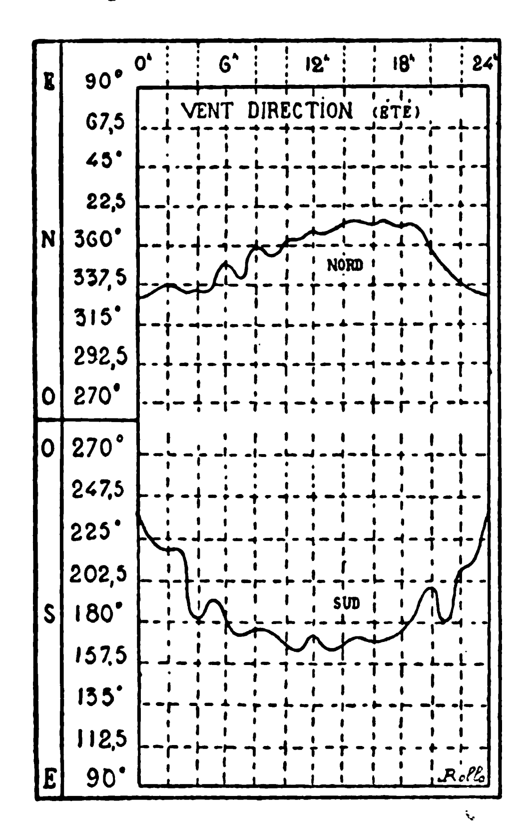


Fig. 8.

Pour le groupe nord, le vent part du NNO à minuit, se rapproche progressivement du nord qu'il atteint vers 8 heures du matin, passe ensuite à l'est sans atteindre le NNE, retrouve le nord vers 8 heures du soir, et retourne ensuite vers l'ouest pour se retrouver un peu au delà du NNO à minuit. L'oscillation diurne de la direction semble donc à peu près la même dans les deux cas; mais il faut remarquer que cependant la marche de la girouette y est de sens contraire.

Quant à l'intensité, la différence (fig. 9) des deux groupes est aussi bien grande.

1° Par vent du nord l'intensité du vent résultant est toujours relativement forte, si bien que sa valeur minimum est supérieure au maximum du groupe sud.

2° Tandis que, par vent de nord, cette intensité, soumise pendant la nuit à de brusques et importantes variations, décroît d'une façon presque continue, de 7 heures du matin, heure de son maximum, jusqu'à 8 heures du soir; par vent de sud, elle est au contraire presque nulle depuis 10 heures du soir jusque vers 7 heures du matin; à partir de ce moment, elle augmente d'une façon régulière jusque vers 4 heures de l'après-midi, heure de son maximum, pour décroître ensuite tout aussi régulièrement, et au moment de son maximum, l'intensité est presque décuple de sa valeur minimum.

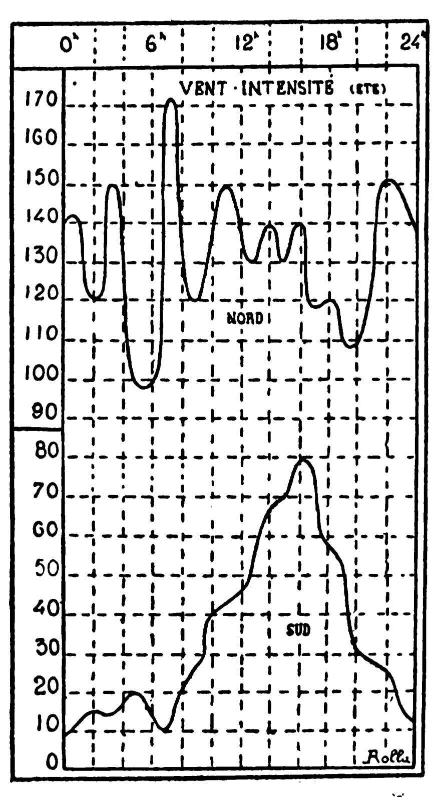


Fig. 9.

Pour avoir la variation diurne du mode de circulation de l'air, il convient de combiner ces deux effets avec celui des courants ascendants et descendants : on voit alors qu'elle correspond aux deux types suivants :

Par vent de sud. — Pendant la plus grande partie du jour, un courant ascendant d'inclinaison croissante avec la verticale se dirige des régions S à SSE vers la partie supérieure du méridien; après une période de calme, il est remplacé par un courant descendant qui, d'inclinaison rapidement décroissante

avec la verticale et partant des régions S et SSO, se dirige vers la partie inférieure du méridien.

Par vent de nord. — Pendant la plus grande partie du jour, un courant ascendant, conservant par rapport à la verticale la même et assez forte inclinaison, se dirige des régions N à NNE, vers la partie supérieure du méridien; après une période de calme, il est remplacé par un courant descendant, dont l'inclinaison sur la verticale est toujours forte quoique brusquement et souvent variable et qui, partant des régions N à NNO, se dirige vers la partie inférieure du méridien.

Il en résulte nécessairement que le mouvement circulatoire de l'air est, aux moments où il est un peu important, toujours incliné par rapport à la verticale, de l'Est vers la partie supérieure du méridien pour le courant ascendant du jour, que le vent soit d'ailleurs nord ou sud, et des régions occidentales vers les parties inférieures du méridien pour le courant descendant nocturne, que le vent soit encore d'ailleurs nord ou sud. Il convient aussi de remarquer que, par vent de sud, le courant ascendant l'emporte de beaucoup en importance sur le courant descendant, tandis que, par vent de nord, c'est au contraire le courant descendant qui, vers le commencement du jour, devient le plus considérable.

Nous ajouterons que, comme pour la pression, la vapeur d'eau et le potentiel électrique, c'est la fréquence du vent de nord, si dominant à Lyon, qui imprime à la variation diurne moyenne du vent le caractère que nous lui avons reconnu.

IV. — Cause de ces changements.

Nous avons vu plus haut que la variation diurne du poids de la vapeur d'eau contenue dans un volume déterminé d'air

était gouvernée, tout au moins en grande partie, par les mouvements ascendants et descendants quotidiens de l'atmosphère. M. A. Angot (1) a démontré que les mêmes mouvements commandaient aussi une partie importante de la variation diurne de la pression barométrique. D'un autre côté, les faits qui précèdent montrent que le mode de variation diurne des éléments, potentiel électrique, poids de la vapeur d'eau, pression atmosphérique et vent, est affecté d'une façon tout à fait analogue par le mode de distribution des pressions au-dessus de la région d'observation.

On est donc porté à admettre que, d'une part, la variation diurne du potentiel électrique par beau temps, ou plutôt de la différence de potentiel entre le point d'observation et le sol, dépend elle aussi, tout au moins en partie, de ces mouvements verticaux, et d'autre part que le mode de distribution des pressions au-dessus du lieu d'observation a une influence marquée sur les intensités de ces courants ascendants et descendants.

Il est d'ailleurs facile de comprendre cette dernière influence. En effet, la loi de variation de la température suivant la verticale est bien différente quand ce mode vient à changer; le tableau suivant le prouve surabondamment. On y trouve, pour chaque saison et pour chacun des groupes de jours beaux que nous avons étudiés précédemment, la différence moyenne des températures minima observées au sommet du Mont-Verdun et au parc de la Tête-d'Or, différence positive lorsque la température est plus élevée au sommet du Mont-Verdun qu'au Parc.

	Nord	Sud
Hiver	— 1°2	+ 3°8
Printemps	— 1 0	+ 2 5
Été.	— 0 7	+ 2 6
Automne.	— 0 8	+ 3 8

(1) *Loc. cit.* B. 342.

Par vent de sud, la température minimum moyenne est donc toujours plus élevée au Mont-Verdun qu'au parc de la Tête-d'Or; c'est l'inverse par vent de nord. Il doit évidemment en résulter que, par vent de sud, le courant ascendant diurne est beaucoup plus intense que par vent de nord, et que le courant descendant nocturne a au contraire une intensité bien moins grande; ajoutons, ce qui semble bien démontré, que lorsque le beau temps par vent de sud a un peu duré, l'évaporation du sol et la transpiration des plantes deviennent très faibles pendant la soirée et la nuit; et, nous trouverons alors naturellement expliquée la différence des deux modes de variation diurne pour le poids de vapeur d'eau et pour la pression barométrique. Les heures tropiques de ces différents phénomènes ne sont point d'ailleurs forcément les mêmes; cela est surtout évident pour la vapeur d'eau, l'évaporation et la végétation étant deux sources pour ainsi dire continues de vapeur, qui comblent les pertes dues aux courants ascendants, au fur et à mesure qu'elles se produisent.

Mais avant de conclure en ce qui concerne l'électricité atmosphérique, il convient de résumer et discuter les théories à l'aide desquelles on a cherché jusqu'ici à expliquer les phénomènes qui la concernent.

J. — THÉORIE DE PELTIER.

Depuis Volta, un grand nombre de savants ont admis que l'état d'électrisation de l'atmosphère par ciel serein était intimement lié au phénomène de l'évaporation; mais c'est Peltier qui le premier (1) a eu le mérite de donner un corps à

(1) *Recherches sur les causes de l'électricité des nuages*, par PELTIER. Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, vol. XII, 1841, p. 208.

ces propositions un peu confuses, sa théorie est célèbre et a pour but d'expliquer l'électricité des nuages. Pour lui, « la « Terre agit comme un corps puissamment négatif, l'espace « céleste comme un corps puissamment positif, et tous les « corps interposés entre eux s'électrisent par influence et non « par le contact de l'air..... l'espace céleste étant positif, « l'eau à la surface du globe est conséquemment dans un état « négatif, et l'évaporation se fait sous cette influence. Nous « avons placé sous un globe positif un vase isolé rempli d'eau « distillée ou non; la vapeur qui s'en est élevée fut néga- « tive, le reste du liquide positif et la quantité de vapeur « croissait avec la puissance de l'influence électrique. Con- « trairement à ce qui a été dit, la vapeur qui s'élève à la sur- « face du sol est conséquemment négative; aussi, les instru- « ments s'électrisent par influence d'autant moins que les « vapeurs sont plus denses et enceignent mieux l'instrument « d'une couche uniformément électrique. » Peltier en déduit ensuite par des condensations et des vaporisations successives la possibilité de la formation des nuages négatifs et positifs. Malgré les affirmations si nettes de Peltier, un certain nombre de savants ont repris ces expériences à l'aide des instruments nouveaux dont M. Thomson a doté la science électrostatique; mais les résultats obtenus par eux sont loin d'être aussi décisifs que le langage de Peltier l'aurait fait supposer.

Ainsi, L.-J. Blacke, en 1883 (1), constata que des vapeurs de l'eau, eau salée, acide sulfurique,alcool et mercure, aucune n'emporte d'électricité; F. Exner (2), qui fait de cette électrisation de la vapeur la base de sa théorie électro-atmosphérique, ne peut mettre en évidence l'état électrique de la vapeur d'eau, mais prouve que pour l'alcool et l'éther, corps plus volatils et mauvais conducteurs, la vapeur est électrisée

(1) *Widemann's Annalen*, vol. XIX, p. 524.
(2) Comptes rendus de l'Académie de Vienne, 1886, p. 248.

négativement ; un peu plus tard, E. Lecher (1) réussit enfin à démontrer l'électrisation de la vapeur d'eau, tout aussi bien que de celle de l'alcool et de l'éther.

Mais il convient de citer textuellement les quelques lignes par lesquelles il termine son mémoire :

« De ces expériences, il résulte qu'il faut une très forte « charge (machine de Holtz au potentiel de 25000 volts) pour « rendre l'électrisation visible, et que même alors la quantité « d'électricité emportée par la vapeur est très faible ; et, en « outre, on a encore à se garantir contre cette objection qu'avec « des charges électriques aussi fortes, ce n'est plus le phéno- « mène ordinaire de l'évaporation qui est en cause, mais « bien plutôt une sorte de pulvérisation du liquide.

« En résumé, on peut cependant considérer comme dé- « montré qu'au moyen d'une très forte électrisation de la « surface d'un liquide, on peut faire flotter, pendant un temps « assez long à l'état libre au-dessus d'elle, des nuages de « vapeurs ou de gouttelettes liquides dont l'action électrique « d'influence peut être mise en évidence. »

A peu près à la même époque, M. L. Palmieri étudiait la question d'une manière un peu différente, et cherchait à vérifier si, suivant les idées émises autrefois par A. Volta, le phénomène de l'évaporation est par lui-même une cause de production d'électricité (2). Pour éliminer toute source d'électricité étrangère au phénomène, « Il concentre « sur la surface de l'eau contenue dans une coupe de « platine un faisceau de rayons solaires, à l'aide d'une « lentille de 0^m30 de diamètre. On obtient alors une *ébulli- « tion particulière,* car les bulles de vapeur partent toutes « rapidement de la surface du liquide. » On recueillait cette

(1) Comptes rendus de l'Académie de Vienne, 1888, p. 103.

(2) *Lois et origine de l'électricité atmosphérique*, par Luigi Palmieri, directeur de l'Observatoire de Vésuve.

vapeur sur la partie concave d'un creuset de platine fixé à la base d'un cylindre de verre suspendu par trois lacets de soie, dans une chambre bien large, à 1 mètre du sol ; le creuset de platine était d'ailleurs relié au plateau inférieur de son électromètre condensateur à pile sèche. On arriva à constater ainsi, « des traces faibles, mais constantes, d'électricité néga- « tive dans la coupe de platine qui contient l'eau. »

Ainsi, seulement des traces d'électricité et un phénomène très différent de celui de l'évaporation naturelle, telles sont les conclusions du savant italien.

D'un autre côté, depuis Peltier, W. Thomson (1), et M. Pellat (2), ont montré que l'état électrique que l'on constate dans l'atmosphère par beau temps aussi bien que l'augmentation du potentiel avec l'élévation dans l'air peuvent, comme l'électrisation des nuages, s'expliquer par le seul fait d'un excès de charge négative à la surface de la terre, et sans qu'il soit besoin d'une couche d'électricité positive aux limites de notre atmosphère.

Mais si cette théorie ainsi simplifiée rend compte de l'ensemble des phénomènes, elle laisse de côté des points très importants, comme la variation diurne et annuelle de l'électricité atmosphérique par beau temps.

Pour les expliquer, le professeur F. Exner combine les idées de Thomson avec une portion de celles de Peltier qu'il cherche d'ailleurs à préciser. Mais avant d'aller plus loin, une remarque est nécessaire : la quantité d'eau contenue dans l'atmosphère provient surtout de deux sources différentes, l'évaporation et la transpiration des plantes qui la lui fournissent en quantités à fort peu près égales (p. 76). Or, Peltier n'a

(1) *Traité d'électricité statique*, par E. MASCART, vol. II, p. 575 et suivantes.

(2) *Sur l'électrisation des nuages*, par M. H. PELLAT, *Journal de physique*, 1885, p. 18 et suivantes.

étudié que le premier de ces deux phénomènes; et, pas plus qu'Exner d'ailleurs, il ne s'occupe en aucune espèce de façon de l'eau provenant de la seconde source.

Dans une vérification expérimentale de la relation qui existe entre la quantité d'eau contenue dans l'atmosphère et les phénomènes électriques qu'on y constate, ces deux afflux de vapeur d'eau sont cependant inséparables; et, d'ailleurs, l'expérience a montré que la marche de l'évaporation et de la végétation était notablement influencée par la présence de masses électriques voisines (1)..

Aussi, dans la discussion qui va suivre de la théorie d'Exner, nous supposerons que tout ce qu'il dit au sujet de la vapeur d'eau fournie par évaporation s'applique aussi à celle que la végétation répand d'une façon presque aussi continue dans l'atmosphère : et, en conséquence, nous nous croirons autorisé à comparer les résultats prévus par la théorie aux quantités totales de vapeur d'eau dont nos appareils constatent l'existence dans l'air ambiant.

K. — THÉORIE D'EXNER.

La doctrine de M. le professeur F. Exner (2) peut être résumée ainsi : la charge électrique totale que la terre possède

(1) *Influence de l'électricité sur l'évaporation*, par M. E. Mascart. Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, vol. LXXXVI. (1878), p. 57.

Chimie et physiologie appliquées à l'agriculture et à la sylviculture, par L. Grandeau. Vol. I, p. 279 et suiv. On trouvera dans ce bel ouvrage la description de trois curieuses expériences faites, au siècle dernier par l'abbé Nollet et l'abbé Berthollon, sur l'influence de l'électricité sur l'évaporation et la végétation.

(2) *Uber die Ursache und die Gesetze der atmosphærischen Elektricitæt*, et aussi *Uber die abhængigkeit der atmosphærischen Elektricitæt von wassergehalte der Luft*, von dem Prof. Franz Exner; Sitzungsberichte der mathematischnaturwischenchaflic.en. Classe der Kaiserlichen Akadémie, Wien, 1886 et 1888.

comme corps céleste est chaque instant partagée en deux; une partie reste sur la surface de la terre, une autre partie est liée à la vapeur d'eau que contient l'atmosphère.

Or, on peut aisément faire le départ des charges qui proviennent de ces deux causes. Si la terre n'émettait pas de vapeur d'eau, sa surface aurait en un lieu déterminé une charge électrique maximum; soit μ la densité électrique correspondante, et A la valeur simultanée du champ électrique, de sorte que a étant une constante,

$$A = a\mu :$$

Mais, comme l'atmosphère reçoit toujours de la terre une certaine quantité de vapeur d'eau, une partie de cette charge μ va avec elle dans l'atmosphère, soit μ' la densité correspondante, la densité restante au lieu d'observation sera $\mu - \mu'$;

et, si nous désignons par $\frac{dV}{dn}$ la nouvelle valeur du champ électrique, nous avons

$$\frac{dV}{dn} = a\,(\mu - \mu) \qquad (1)$$

d'une autre côté, la densité μ' est proportionnelle à la fois au poids p de la vapeur d'eau qui lui sert de support et à la densité électrique restante à la surface de la terre, c'est-à-dire à la valeur $\frac{dV}{dn}$ du champ électrique à cette surface; on a donc

$$\mu' = bp\frac{dV}{dn}.$$

d'où, en remplaçant dans l'équation (1),

$$\frac{dV}{dn} = \frac{A}{1 + kp} \qquad (2)$$

où k est une nouvelle constante.

Cette équation, qui se rapporte à un temps ***beau et serein,*** exprime le ***champ électrique,*** ou, comme nous avons pris l'habitude de dire, puisque notre appareil ne donne que la différence de potentiel entre un point déterminé de l'atmosphère et le sol, le ***potentiel,*** en un point déterminé de l'atmosphère, voisin de la surface de la terre, en fonction d'une seule variable, le poids de la vapeur d'eau contenue dans un volume déterminè d'air au lieu d'observation.

Vérification expérimentale.— Pour vérifier cette loi, Exner a fait de nombreuses (133) mesures de champ électrique dans les conditions les plus variées(1) : il en range les résultats par ordre de poids de vapeur et obtient ainsi les dix groupes du tableau suivant où, V représente la différence de potentiel

Nos	NOMB. D'OBS.	$\Sigma \frac{\Delta}{n}$	POIDS DE VAPEUR	V_o	V_c	O—C	$V_{c'}$	O-C'	V_p	O—P
1	12	92	2,3	325					380	— 55
2	6	42	3,8	297	220	+ 57	210	+ 87	230	+ 67
3	11	63	4,4	297	194	+ 3	187	+ 10	199	— 2
4	8	53	5,5	166	161	+ 5	156	+ 10	159	+ .
5	7	8	6,8	116	132	— 16	133	— 17	129	— 13
6	14	17	8,4	106	109	— 3	121	— 15	104	+ 2
7	16	12	9,5	97					92	— 5
8	12	9	10,4	84	89	— 5	88	— 4	86	0
9	14	7	11,4	74	81	— 7	83	— 9	77	— 3
10	10	10	12,5	68	74	— 6	75	— 7	70	— 2

entre le sol et un point de l'atmosphère situé à 1 mètre de hauteur au-dessus du sol c'est-à-dire le $\frac{dV}{dn}$ d'Exner, A

(1) Il a observé à Dœbling près Vienne, à Saint-Gilgen, dans la haute Autriche et sur le bord de la mer à Venise.

la valeur maximum de cette quantité dans les conditions dites ci-dessus et $\Sigma\frac{\Delta}{n}$ la moyenne des écarts des données de chaque observation à la moyenne du groupe, écarts d'où l'on déduirait une idée de leur concordance, si elle ne dépendait que du poids de vapeur. Les nombres de ce tableau fournissent donc entre les résultats des observations et les inconnues A et k une série d'équations d'où l'on peut tirer les valeurs de ces inconnus. Au lieu de les combiner ensemble, Exner en choisit deux, correspondant au groupe (1), parce que c'est celui de poids minimum de vapeur d'eau, et au groupe (7), parce que parmi ceux de fort poids de vapeur il provient du plus grand nombre d'observations. Il en déduit

$$A = 1300 \text{ V}, \quad k = 1,31$$

Calculant ensuite au moyen de ces valeurs le champ électrique propre à chaque groupe d'observations, il obtient les nombres de la sixième colonne du tableau précédent.

Les écarts de ces nombres et des valeurs observées, portés dans la septième colonne, sont très faibles, sauf le premier; et ils semblent au premier abord confirmer la loi énoncée : telle est, du moins, les conclusions qu'en tire M. le professeur Exner.

Discussion de ces observations. — Mais si l'on se reporte aux écarts à la moyenne, on voit que le groupe (1) qui lui sert de base est celui dont l'écart moyen est le plus considérable, quoique toutes les observations aient été faites en un même lieu, Dœbling; les nombres isolés dont ce groupe est formé sont, en effet, les suivants :

p	V	H Heure d'obs. (comptée de minuit)	p	V	H Heure d'obs. (comptée de minuit)
1,8	636	16	2,4	227	13
2,5	303	12	1,8	265	13
2,5	480	16	2,2	318	16
2,5	168	16	2,1	378	12
2,5	188	18	2,2	355	13
2,8	265	13	2,1	349	13

A une même valeur du poids de vapeur p correspondent des potentiels variant du simple au triple. Il semble donc convenable d'éliminer de ce groupe les observations qui paraissent trop discordantes et de le limiter aux potentiels

303, 265, 227, 265, 318, 378, 345 et 349,

dont la valeur moyenne et le poids moyen de vapeur d'eau correspondant sont

307 et 2,2

En combinant ces valeurs avec celle du groupe (7), on obtient pour les constantes inconnues

$$A = 918 \quad , \quad k = 0{,}89$$

et avec elle, les valeurs données dans la huitième colonne du tableau, ainsi que les différences avec l'observation inscrites dans la colonne neuvième.

Ces différences sont sensiblement de même ordre que les précédentes, quoique les valeurs des inconnues diffèrent notablement de celles que l'on avait obtenues d'abord.

On est ainsi conduit à examiner de plus près les relations que fournissent les observations d'Exner : les voici réduites à la forme ordinaire (on a remplacé k par a, tel que $a = 100\,k$:

$$\begin{array}{ll} A - 7,48 . a = 325, & A - 8,90 . a - 106, \\ A - 11,29 . a = 297, & A - 9,22 . a = 97, \\ A - 8,67 . a = 197, & A - 8,74 . a = 84, \\ A - 9,13 . a = 166, & A - 8,44 . a = 74, \\ A - 7,89 . a = 116, & A - 8,50 . a = 68, \end{array}$$

les coefficients des inconnues y sont très sensiblement constants, tandis que le terme tout connu y prend au contraire des valeurs constamment décroissantes et variant à fort peu près dans le rapport de 5 à 1. Un pareil ensemble d'équations est donc absolument indéterminé. En effet, d'autres groupements conduisent pour les constantes à des valeurs bien différentes :

(2) et (10)	$A = 2187$	$k = 2,49$
(2) et (9)	$A = -584$	$k = -0,78$
(5) et (10)	$A = 920$	$k = 1,02$

Il résulte donc des observations mêmes d'Exner que la loi qu'il propose ne représente pas le phénomène étudié.

Il y a plus, la loi que l'on tirerait de l'étude de l'ensemble des équations ci-dessus serait beaucoup plus simple et se réduirait à

$$pV = B,$$

où

$$B = 874$$

et représente le potentiel, mesuré à 1 mètre du sol, par une humidité assez faible pour que le poids de vapeur d'eau contenu dans 1 mètre cube d'air, soit réduit à 1 gramme. Les colonnes 10 et 11 du tableau de la page (306) contiennent en effet les valeurs du potentiel calculées à l'aide de cette formule et leurs différences avec les observations. Exception faite des groupes (1) et (2), qui donnent des écarts considérables mais de sens inverse, les huit autres groupes n'offrent entre la loi et l'observation que des écarts négligeables et moindres encore

que ceux qui correspondent à la loi supposée par M. Exner. Il est bien clair que je n'attache d'ailleurs aucune importance théorique à cette coïncidence numérique.

Observations faites à Lyon. — Quoi qu'il en soit, en raison même de l'importance du travail de M. le professeur Exner, il importe de poursuivre la comparaison à l'aide de nos propres observations. Or, l'impossibilité de la loi qu'il a énoncée devient alors évidente d'elle-même. Elle résulte de l'inspection de chacune des courbes enregistrées de l'électromètre; et c'est là qu'éclate toute la supériorité de nos observations continues sur les observations isolées, en même temps que sautent aux yeux les immenses progrès réalisés dans l'étude de cette portion de la physique du globe par la mise en usage courant de l'enregistrement de ces phénomènes que la science doit à M. Mascart. Il suffit, en effet, de feuilleter simultanément nos relevés de courbes électrométriques et de poids de vapeur pour s'apercevoir que pas un jour ne se passe sans qu'à un même poids de vapeur correspondent des potentiels électriques de valeurs très variables, doubles ou triples les unes des autres. J'en citerai seulement quelques exemples pris au hasard aux deux extrémités de notre échelle de poids de vapeur.

DATES	p	V	DATES	p	V
	gr.			gr.	
1885. Août 19	7,8	80	1890 Juillet 31	11,4	160
— Août 19	7,5	180	1887. Février 24	4,6	193
— Juillet 27	8,7	115	— Février 24	4,1	104
— Juillet 27	9,4	180	1891. Février 20	4,1	80
1890. Juillet 31	11,0	90	— Février 20	4,2	184

Par ce procédé, nous ne comparons, il est vrai, que des valeurs séparées du potentiel et du poids de vapeur, et en raison des erreurs possibles de cette comparaison, erreurs attribuables à la grande rapidité de variation du potentiel, on peut douter de son exactitude. Nous avons éliminé cette objection comme il suit :

Nous avons pris, pour les jours beaux considérés et pour chaque heure du jour, tous les potentiels correspondant à des poids de vapeur compris entre 3gr. et 4gr. d'une part, et ceux compris entre 9gr. et 11gr. d'autre part; nous avons obtenu ainsi deux séries de valeurs moyennes simultanées du poids de vapeur et du potentiel, telles que les poids de vapeur ont entre eux une différence relativement considérable, et résultent d'ailleurs d'un nombre très grand d'observations,

494 pour la série de 3gr.
604 pour la série de 9gr..

les tableaux suivants renferment ces séries de valeurs moyennes horaires du poids de vapeur p et du potentiel V, ainsi que les écarts moyens, $\Sigma \frac{\Delta}{n}$, de ce dernier.

h.	p	V	$\Sigma \frac{\Delta}{n}$	h.	p	V	$\Sigma \frac{\Delta}{n}$	h.	p	V	$\Sigma \frac{\Delta}{n}$
0	3,44	103	45	8	3,40	132	41	16	3,48	115	33
1	3,40	95	38	9	3,45	131	34	17	3,46	114	40
2	3,42	83	29	10	3,54	130	39	18	3,47	109	28
3	3,36	83	29	11	3,52	121	33	19	3,55	132	43
4	3,39	94	36	12	3,54	120	42	20	3,58	129	47
5	3,40	86	23	13	3,52	125	31	21	3,58	125	43
6	3,48	90	29	14	3,44	116	29	22	3,53	115	37
7	3,53	105	29	15	3,46	127	31	23	3,53	108	32

h.	p	V	$\Sigma\frac{\Delta}{n}$	h.	p	V	$\Sigma\frac{\Delta}{n}$	h.	p	V	$\Sigma\frac{\Delta}{n}$
0	9,91	60	16	8	9,76	111	28	16	10,01	80	27
1	9,85	55	13	9	9,83	107	27	17	9,89	77	27
2	9,89	53	15	10	9,63	96	24	18	9,98	90	19
3	9,90	59	17	11	9,73	94	22	19	9,82	93	22
4	9,65	59	17	12	9,76	84	23	20	9,78	98	29
5	9,87	59	46	13	10,04	83	23	21	9,78	88	22
6	9,79	77	24	14	9,83	78	20	22	9,88	82	22
7	9,72	92	22	15	9,86	74	17	23	9,89	69	15

Si l'hypothèse d'Exner est exacte, l'ensemble des valeurs correspondant à une heure déterminée dans chaque série fournit une équation de la forme

$$k\,(p'V' - pV) + V' - V = 0;$$

et la combinaison des 24 équations correspondantes aux 24 heures du jour nous fera connaître la valeur la plus probable de l'inconnue k. On trouve ainsi

$$k = +\,0{,}093,$$

introduite dans les équations de la forme

$$V = \frac{A}{1 + kp}$$

déduites de chaque groupe de valeurs horaires moyennes, elle nous conduira à deux séries de valeurs de A, qui doivent être égales entre elles. Le tableau suivant renferme les 48 valeurs ainsi obtenues; les colonnes A se rapportant au groupe de 9 gr., et les colonnes A', au groupe de 3 gr.

H	A	A'	H	A	A'	H	A	A'	H	A	A'
0	136	115	6	119	147	12	159	161	18	144	173
1	125	105	7	140	176	13	166	161	19	176	178
2	110	101	8	174	211	14	153	149	20	171	187
3	109	113	9	173	206	15	168	143	21	166	168
4	124	118	10	173	183	16	152	155	22	152	158
5	113	112	11	161	180	17	150	148	23	143	132

L'examen de ce tableau montre bien que la quantité A ne peut être considérée comme une constante ; elle varie avec l'heure de la journée comme le potentiel lui-même, et ses variations sont même beaucoup plus considérables.

J'ajouterai que la coïncidence numérique signalée plus haut entre les valeurs des produits pV donnés par les nombres d'Exner ne subsiste pas avec ceux qu'on déduit de nos observations.

Conclusion. — On peut, je crois, conclure de cette discussion que la relation admise par M. le professeur Exner entre le poids de la vapeur d'eau contenue dans un volume déterminé d'air et la valeur du champ électrique à la surface du sol n'est point exacte ; et, qu'en conséquence, on ne peut expliquer ainsi les variations diurne et annuelle de ce champ.

L. — THÉORIE DE SOHNCKE.

Un peu avant Exner, M. le professeur Sohncke (1) avait proposé une explication toute différente des phénomènes électriques de l'atmosphère.

(1) *Die Ursprung der Electricitæt-gewitter und der gewœhnlische Electricitæt der Atmosphære*, von Dr LEONHARD SOHNCKE ordentl. professor der Physik an der Universitat Iena.

Doctrine de Sohncke. — Pour lui, leur cause n'est point préexistante, antérieure, et pour ainsi dire inhérente à la matière même du globe terrestre, comme dans l'hypothèse d'Exner ; bien au contraire, pour Sohncke, l'électricité prend naissance à chaque instant dans les hautes régions de l'atmosphère, comme conséquence d'un phénomène naturel, bien connu et accessible à l'expérimentation, le frottement des cristaux de glace, qui se trouvent continuellement flottants dans l'air à des hauteurs plus ou moins grandes, contre les masses de gouttelettes d'eau qu'emportent avec eux les grands courants atmosphériques; les cristaux de glace se chargeraient positivement, et les gouttelettes d'eau prendraient l'électricité négative. Comme en général la température décroît à mesure qu'on s'élève, on doit admettre qu'en moyenne le courant de cristaux de glace est supérieur à l'autre ; tout naturellement, les gouttelettes d'eau, appartenant à un courant moins élevé, tombent en général (sous forme de pluie) plus tôt sur la surface de la terre que les cristaux de glace, la surface de la terre s'électrise ainsi négativement, et cet état d'électrisation doit y durer, parce que les phénomènes que nous venons de décrire se répètent continuellement ; au contraire, dans les couches élevées de l'atmosphère restent suspendus les cristaux de glace avec leur électricité positive. C'est, comme on le voit, et au point de vue des masses électriques agissantes, une sorte de retour aux idées de Peltier.

Ceci admis, M. Sohncke explique comme il suit les diverses variations qu'éprouve, pendant le cours de l'année ou de la journée, le potentiel électrique mesuré en un point voisin de la surface du sol.

En hiver, la couche atmosphérique isotherme de température zéro, qui forme d'après lui la limite inférieure des masses positives, se rapproche de plus en plus de la surface

de la terre, jusqu'à ce que finalement elle pénètre à son intérieur; pendant ce mouvement de descente, le potentiel, ainsi mesuré, doit croître; sa valeur doit donc être maximum en hiver.

Lorsque cette surface isotherme zéro a pénétré dans l'intérieur de la terre, des particules de glace sont encore dans l'air, et celles-ci sont électrisées positivement par un frottement antérieur contre des gouttelettes d'eau, ou prennent cette électricité dans leur frottement contre la surface du sol. Cette dernière cause se rencontre spécialement dans les temps violemment orageux; et elle peut produire une électrisation si considérable des particules de neige, que l'électricité par influence, s'écoulant par les pointes, paraît alors comme un feu Saint-Elme.

Quant à la variation diurne, Sohncke affirme d'abord qu'elle est identique à celle de la pression barométrique : Or, cette « dernière variation paraît liée à ce fait, que pendant l'échauffement diurne, il se produit un mouvement général ascendant de l'air, accompagné d'un écoulement latéral dans les « hautes régions, tandis que le refroidissement nocturne « amène l'effet inverse. Il doit s'ensuivre un mouvement « oscillatoire de la surface isotherme zéro, comme l'ont d'ailleurs montré les observations faites en ballon. Dans les « premières heures de l'après-midi, lorsque l'échauffement « du sol est maximum, le courant ascendant (d'ailleurs ainsi « faussement nommé), est aussi maximum; la surface isotherme zéro, avec ses cristaux de glace électrisés positivement, est le plus éloignée de la surface terrestre, aussi l'électromètre accuse-t-il le minimum de l'électricité positive. « Au matin, au contraire, la surface isotherme zéro est la « plus basse, et par conséquent l'électricité positive doit être « maximum.

« On explique donc ainsi au moins les deux extrêmes « diurnes bien marqués de l'électricité atmosphérique. »

En conséquence, Sohncke résume les traits essentiels de l'électricité atmosphérique « de la manière la plus simple et « la moins forcée par l'hypothèse fondamentale du frottement « des gouttes d'eau, d'une part contre les cristaux de glace « dans les hautes régions de l'atmosphère, d'autre part contre « la surface de la terre. »

Il convient d'ajouter que dans une série d'expériences instituées dans ce but, M. Sohncke a, en effet, démontré que le frottement d'une masse d'air, mêlée de globules de vapeur d'eau et lancée par sa pression contre des cristaux de glace secs, charge ceux-ci d'électricité positive et les globules d'eau d'électricité négative ; au contraire, la même masse d'air se charge positivement, si elle est projetée sur une lame conductrice, cuivre ou laiton, ce dernier étant électrisé négativement.

Comparaison avec les faits. — Admettons qu'en effet ces variations de distance puissent produire au point d'observation les différences énoncées de potentiel, point assez obscur que Sohncke aurait dû expliquer plus clairement, et comparons cette théorie aux faits observés.

Les valeurs moyennes correspondantes aux jours beaux données plus haut (p. 285), pour chacune des saisons de l'année, confirment en partie les vues de Sohncke : le potentiel moyen de l'hiver est en effet de beaucoup supérieur à celui des autres saisons ; mais, au contraire, celui de la saison d'automne est plus petit que le potentiel moyen de l'été, ce qui paraît contraire aux idées émises par ce physicien.

Passons maintenant à la variation diurne, et occupons-nous par exemple de la saison d'été. D'après ce que nous avons vu plus haut (p. 267), pendant cette saison, entre 6 heures et 7 heures du soir, le mouvement général ascensionnel de l'at-

mosphère cesse et se trouve bientôt remplacé par un courant descendant ; d'après la théorie de Sohncke, ce doit être le moment du minimum pour le potentiel électrique ; c'est bien en effet ce que nous montrent les courbes (fig. 3) qui résument les observations ; soit par vent de nord, soit par vent de sud, ces courbes nous indiquent un minimum du potentiel vers 5 heures du soir.

A partir de cette heure, le courant descendant s'accentue jusque vers 4 heures du matin, pour diminuer ensuite et être remplacé vers 7 heures du matin par le courant ascendant dont nous venons de parler ; le potentiel devrait donc croître constamment jusque vers 7 heures du matin, où aurait lieu son maximum diurne. Or, en réalité, après le minimum de 5 heures du soir, le potentiel augmente rapidement, atteint vers 9 heures un maximum, qui par vent de nord est le maximum absolu des 24 heures ; il décroît ensuite très rapidement, reste faible pendant toute la nuit et passe vers 4 heures par un second minimum, qui par vent de nord est le minimum absolu des 24 heures ; après quoi, il croît rapidement et atteint entre 7 heures et 8 heures, un second maximum, qui par vent de sud est le maximum absolu du jour tout entier. Ainsi, la théorie de Sohncke n'explique ni la faiblesse des valeurs du potentiel pendant la plus grande partie de la nuit, intervalle où elles devraient être relativement considérables, ni l'existence du second maximum de 9 heures du soir. En d'autres termes, si la cause de variation qu'indique Sohncke était seule, ou toujours de beaucoup la plus importante, la courbe représentative de la marche diurne du potentiel électrique devrait être très voisine d'une courbe simplement sinusoïdale ; tandis qu'en réalité, et surtout par vent de nord, cette courbe accuse très nettement une variation doublement périodique pendant la durée du jour tout entier.

L'insuffisance de la théorie de M. Sohncke est donc bien

différente suivant les deux modes types de situation atmosphérique que nous avons choisis. Par vent de nord, c'est le caractère doublement oscillatoire de la variation diurne qui la rend incomplète. Par vent de sud, c'est le défaut presque absolu de variation du potentiel pendant la nuit qui le contredit; il en résulterait, en effet, que d'après M. Sohncke les portions de l'atmosphère, élevées pendant la seconde moitié du jour par l'échauffement progressif du sol, resteraient sensiblement à la même hauteur à partir de 6 heures du soir, pour redescendre presque subitement et tout à coup vers 10 heures du matin, c'est-à-dire après que les observations barométriques nous indiquent que probablement leur mouvement ascensionnel a déjà commencé.

Conclusion. — On doit conclure de cette discussion que la théorie de Sohncke ne peut suffire à expliquer l'ensemble des phénomènes qu'elle prétend élucider.

M. — THÉORIE DE PALMIERI.

J'ai cité plus haut les expériences de M. Palmieri sur l'électrisation de la vapeur d'eau; voici les observations sur lesquelles il appuie (1) la théorie par laquelle il prétend expliquer « les origines de l'électricité atmosphérique » :

« 1° L'électricité atmosphérique croît au moment où l'hu-
« midité atmosphérique devient plus forte.

« 2° Elle augmente et devient lumineuse avec la chute de la
« pluie, de la grêle ou de la neige sur le lieu des observations,
« ou mieux à une certaine distance.

« 3° Lors de l'apparition soudaine des nuages ou du brouil-

(1) *Lois et origines de l'électricité atmosphérique*, par Luigi Palmieri, directeur de l'Observatoire du Vésuve.

« lard à l'horizon, on obtient toujours des indications élec-
« triques plus accentuées, mais qui ne peuvent être comparées
« à celles que l'on receuille pendant les fortes pluies. »

De ces observations et des expériences relatées plus haut, M. Palmieri tire cette conclusion :

« Tous ces phénomènes et d'autres du même genre concou-
« rent à expliquer la période diurne et ses perturbations, et
« montrent nettement que l'origine de l'électricité se trouve
« dans la condensation de la vapeur d'eau, soit que cette
« vapeur augmente rapidement l'humidité relative, soit qu'elle
« se transforme en brouillard, en nuages, en neige ou en
« pluie. »

Et plus loin,

« Tout cela m'amène à penser que la conception de l'illus-
« tre Volta était juste, et que l'évaporation de l'eau sur notre
« planète peut être considérée comme une origine éloignée ou
« médiate de l'électricité atmosphérique. Mais l'origine immé-
« diate, directe de son développement, c'est la condensation
« des vapeurs. »

Discussion. — Il convient d'insister d'abord sur la différence des phénomènes électriques présentés par la pluie, la neige ou le brouillard, ceux dus à la pluie étant pour la plupart négatifs, tandis que les autres sont au contraire généralement positifs; M. Palmieri ne fait point, en effet, cette distinction, quoiqu'il leur attribue à tous évidemment la même origine; d'autre part, autant qu'on en peut conclure, étant donné le vague de la conception de M. Palmieri, par beau temps l'électricité atmosphérique doit augmenter avec l'humidité relative : en termes précis, à des maxima d'état hygrométrique doivent correspondre des potentiels maxima.

Il est facile de soumettre cette vue au contrôle de l'expérience.

Exner l'a fait au moyen de la série d'observations que j'ai déjà discutées.

Voici, en effet, le tableau des potentiels et des valeurs correspondantes de l'humidité relative :

NOMBRE D'OBSERVATIONS	HUMIDITÉ RELATIVE	POTENTIEL	PRODUIT
6	44	116	5.104
11	56	138	7.728
32	64	128	8.192
30	75	120	9.000
23	85	179	17.215
8	92	249	22.908

Il en résulte que le potentiel reste sensiblement constant, en moyenne égal à 124 V., pour des états hygrométriques variant de 44 à 75, c'est-à-dire presque du simple au double; les variations du potentiel électrique ne sont donc pas liées uniquement à celles de l'humidité relative; cependant, il faut remarquer que le potentiel augmente très rapidement aussitôt que l'état hygrométrique est un peu considérable, et que le voisinage du point de saturation est marqué par un potentiel très élevé. La dernière colonne du tableau qui donne les valeurs du produit du potentiel et de l'état hygrométrique conduit aux mêmes conclusions.

L'étude des observations faites à l'Observatoire de Lyon est plus démonstrative encore. En effet, il suffit pour prouver l'inexactitude de cette loi d'un simple coup d'œil sur nos relevés électriques et hygrométriques, correspondant aux jours beaux et non brumeux que j'ai seuls employés et qui, par suite de l'absence de toute cause apparente de perturbation, seraient cependant les plus propres à en confirmer l'existence.

Je prends au hasard quelques exemples et je donne ci-dessous les valeurs simultanées du potentiel électrique et de l'état hygrométrique aux moments des maxima et minima du premier.

DATES			1er MINIMUM		1er MAXIMUM		2e MINIMUM		2e MAXIMUM	
			ÉTAT HYGR.	Potentiel	ÉTAT HYGR.	Potentiel	ÉTAT HYGR.	Potentiel	ÉTAT HYGR.	Potentiel
1885	Août	10	76	50	64	154	32	50	43	110
1888	Août	10	66	54	60	125	33	50	48	110
—	Août	12	66	80	52	140	40	53	49	80
1885	Juillet	21	62	55	59	140	47	90	47	130
—	Juillet	27	59	85	52	180	38	100	39	155
—	Juillet	28	70	60	38	165	35	95	41	120

Il n'y a évidemment aucune liaison apparente entre les variations de l'état hygrométrique et celles du potentiel électrique; à des états hygrométriques considérables correspondent en effet des potentiels minima et inversement.

La relation entre l'état hygrométrique et le potentiel électrique, si elle existe, n'est donc pas une relation directe et simple comme le prétend M. Palmieri.

N. — CHAMP ÉLECTRIQUE NÉGATIF PAR BEAU TEMPS

Un fait également fort important est celui de l'électricité négative par beau temps que nous avons décrit plus haut. Au siècle dernier, Beccaria avait constaté (6 fois en 15 ans d'observations) le même phénomène; dans ces dernières années, L. Palmieri et F. Dellmann l'ont aussi vérifié : on doit donc le considérer comme absolument démontré.

Palmieri, qui le rattache à une loi plus générale énoncée par lui (1), et qui en trouve la cause dans une pluie voisine, dit à ce sujet : « J'ai vérifié moi-même les faits à diverses re-« prises en me procurant des indications sur le temps qu'il « faisait dans les régions avoisinantes et j'ai observé de l'élec-« tricité négative par un ciel clair. »

Mais, d'une part, les observations de Dellmann ont été faites « dans des conditions qui ne s'accordent pas avec l'expli-« cation de M. Palmieri » (2), et qui se rattacheraient d'après lui à la formation de l'ozone suivant la théorie du professeur Meissner; d'autre part, l'explication de M. Palmieri ne s'applique pas non plus aux cas que nous avons observés.

Ces faits ne s'expliquent d'ailleurs pas plus dans la théorie de Sohncke que dans celle d'Exner : entre la couche négative formée par la surface du sol et la couche positive donnée bien au-dessus d'elle par les cristaux de glace électrisés du premier, il n'y a, en effet, qu'un champ électrique positif possible; il en est de même au-dessus de la couche négative terrestre. Sohncke ne s'est point occupé de ces cas particuliers, mais Exner en a cherché une explication étrangère à sa théorie. Il s'appuie pour cela sur certaine relation qu'à l'Observatoire du Vésuve M. Palmieri a constatée « entre « l'arrivée de l'électricité négative et la présence de la fu-« mée ou de la cendre du volcan », et sur une observation fort intéressante faite par W. Siemens au sommet de la pyramide de Chéops (3), par un ciel très beau mais par un simoun très violent qui entraînait la poussière du désert :

(1) *Lois et origines de l'électricité atmosphérique*, p. 36.

(2) *Uber die Erscheinung der negativen Luftelectiricitæt bei heiterem Himmel*, von F. Dellmann. Annalen der Physik und Chimie von J.-C. Poggendorf, 1885, p. 175.

(3) *Beschreibung ungewœhnlich starker elektrischer Erscheinungen auf des Cheops-Pyramide bei Cairo Wæhrend des Wehens der Chamsin.* Von W. Siemens. Annalen von Poggendorf, vol. CIX, 1860, p. 355.

« l'électricité négative augmentait en même temps que crois-
« sait la vitesse du vent et devenait parfois tellement forte,
« qu'à l'aide d'une bouteille de Leyde rapidement improvisée,
« on obtenait des étincelles d'environ 10mm ».

Dans ces cas particuliers, la formation de l'électricité négative paraît à Exner évidemment due aux poussières elles-mêmes qui apportaient avec elles cette électricité; et généralisant ensuite, il attribue toujours à la présence de la poussière ou de la fumée l'existence de l'électricité négative constatée par beau temps.

Quoi qu'il en soit de la valeur même de cette explication dans les cas qu'Exner a rappelés, elle ne s'applique certainement pas aux exemples que nous avons observés.

En effet, dans les jours en question, nous n'avons pas constaté qu'il y eût apport inusité de poussière ou de fumée dans l'atmosphère. Bien plus, nous avons vu en d'autres jours le vent apporter d'assez grandes quantités de poussière sans que les courbes de l'électromètre offrissent en même temps rien de particulier.

En outre, c'est seulement lors du vent de sud que nous observons ce passage au négatif par beau temps. Avec le vent du nord, nous n'avons jamais constaté fait analogue, et cependant, sa violence maximum par beau temps est au moins égale à celle du vent de sud; et, d'un autre côté, par suite de notre situation au midi d'une grande agglomération industrielle, il nous apporte évidemment beaucoup plus de poussière et de fumée que le vent de sud qui nous arrive après avoir traversé la campagne cultivée.

Enfin, dans les trois cas, le phénomène se produit sensiblement à la même heure, et constitue comme une sorte de creusement du minimum de l'après-midi; il ne paraît donc pas dû à une cause exceptionnelle, étrangère à la marche ordinaire de l'électricité atmosphérique, pas plus qu'à une perturbation

atmosphérique voisine, mais bien plutôt comme l'exagération d'un mode de variation diurne de l'électricité atmosphérique qui le comprendrait comme cas particulier, d'ailleurs fort rare dans nos régions.

Pour toutes ces raisons, nous pensons que cette existence de champ électrique négatif doit faire partie de l'ensemble des données sur lesquelles toute théorie complète de l'électricité atmosphérique serait basée. En d'autres termes, toutes ces théories doivent pouvoir rendre compte des cas particuliers dans lesquels la force électrique, au lieu d'être comme à l'ordinaire dirigée de haut en bas, est dirigée de bas en haut.

Prenons comme exemple la théorie de Sohncke qui paraît la plus voisine de l'explication vraie pour le minimum électrique de l'après-midi. Il faudrait la modifier et la compléter de façon qu'elle permît à la force électrique de devenir ascendante lorsque l'intensité du courant atmosphérique ascendant deviendrait très considérable, et par conséquent, de façon à donner, tout au moins dans ces cas exceptionnels, l'entrée graduelle dans l'atmosphère à des masses électriques agissantes négatives.

O. — VARIATION DU POTENTIEL AVEC LA HAUTEUR

Il convient maintenant de discuter les expériences faites en vue d'étudier la variation du potentiel avec la hauteur par beau temps.

Thomson et Joule ont les premiers entrepris son étude systématique. Observant sur une plage au bord de la mer, à Aberdeen, avec un électroscope portatif, ils trouvèrent une variation du potentiel d'environ 100 volts par mètre.

En 1876, MM. Mascart et Joubert reprirent ces expériences sur une grève de la côte d'Erqui (Côtes-du-Nord), avec un

électromètre portatif et un électromètre à cadran. Les appareils collecteurs d'électricité étaient des mèches placées au sommet de mâts, l'un de 5 mètres, l'autre de 10 mètres de hauteur. « Le parallélisme des deux courbes est frappant, et « montre que la hauteur à laquelle on doit observer est à peu « près indifférente; les variations restent toujours propor- « tionnelles, et il suffit dans la pratique de s'arrêter au point « où les indications sont d'intensité moyenne, convenable « pour l'instrument que l'on emploie (1). »

Ces résultats sont contredits par M. L. Palmieri, qui trouve dans les observations simultanées faites à l'Observatoire de l'Université de Naples et à l'Observatoire du Vésuve une preuve de leur inexactitude; « c'est une erreur », dit-il encore tout récemment (2) « de croire que l'électricité augmente avec « la hauteur, puisque les observations comparables et simul- « tanées mille fois répétées prouvent le contraire ».

Mais il faut remarquer, avec M. Exner, que ces deux stations ne sont pas situées dans des conditions topographiques qui permettent d'en déduire une conclusion aussi affirmative. A Naples, en effet, les observations se font sur le château Saint-Elme, c'est-à-dire sur le sommet d'une colline, assez bien isolée, d'environ 200 mètres de haut; l'Observatoire du Vésuve est au contraire situé sur la pente même de la montagne, sensiblement à mi-côte (617^m). Dans la première station, les surfaces du niveau sont sensiblement horizontales et serrées; dans la seconde, au contraire, elles sont inclinées et plus éloignées les unes des autres. La méthode d'observation, dite du conducteur mobile qu'emploie M. Palmieri, doit donc lui

(1) *L'électricité atmosphérique, d'après les travaux de sir W. Thomson et la conférence de M. Mascart*, par M. A. Angot. Annuaire de la Société météorologique de France, tome XXV, p. 153 et suiv.

(2) *Sul Periodo diurno dell' elettricita atmosferica*, per L. Palmieri. Rendiconti della R. Academia delle scienze fisiche e mathematische di Napoli, fasc. 7° et 8°, 1891.

donner des valeurs moindres sur le flanc du Vésuve qu'à Naples même ; et il n'y a dans cette contradiction apparente rien qui puisse infirmer les résultats obtenus par les savants qui se sont mis à l'abri de pareilles causes d'erreur.

De 1884 à 1887, M. Exner a repris l'étude de cette question : les nombreuses expériences qu'il a faites à ce sujet peuvent se partager en trois groupes :

1° De petits ballons gonflés à l'hydrogène soulevaient une mèche portée par un fil fin de cuivre et dont l'extrémité inférieure était reliée à un électromètre portatif. On observait au bord de la mer, dans un lieu parfaitement découvert, par un temps absolument calme, et à peu près toujours à la même heure pour éliminer l'influence de la variation diurne. Voici les résultats obtenus :

Hauteur en mètres :	17	18	20	21	22	24	25	27	30	34	36	40	46	48
Potentiel en volts :	100,	110,	130,	130,	160,	160,	170,	190,	203,	250,	240,	280,	320,	350

Les variations du potentiel peuvent être considérées comme proportionnelles à celles de la hauteur ; et, elles conduisent à une variation de 68 volts par mètre.

Exner a fait des observations analogues sur le sommet d'une montagne voisine, le Schafberg, haute de 1870 mètres ; la variation du potentiel y a encore été trouvée proportionnelle à celle de l'altitude, mais le coefficient de proportionnalité était beaucoup plus considérable et correspondait à une augmentation de potentiel égale à 318 volts par mètre.

2° Dans l'hiver 1884-85 en un lieu situé en rase campagne, aux environs de Vienne, et dont l'horizon était parfaitement découvert, Exner a fait une nouvelle série d'observations avec un électroscope portatif et une flamme comme collecteur ; son but spécial était de déterminer la valeur du champ électrique dans l'air le plus pur et il avait à cette fin commencé les observations dans une période de janvier où la température était inférieure à zéro et où une couche de neige sèche assurait

la pureté de l'air ; elles furent d'ailleurs continuées jusqu'en avril suivant, mais toujours par beau temps. Voici les résultats obtenus, avec le poids correspondant de vapeur d'eau par mètre cube :

NOMBRE D'OBSERVATIONS ET DATES	TEMPÉRATURE	CHAMP électrique en volt-mètres	POIDS DE VAPEUR D'EAU en grammes	HAUTEURS LIMITES
5 — 27 janv. 1885	— 6°	532	3,1	0m 30 — 1m 25
4 — 29 janv. 1885	— 5	556	3,3	0m 30 — 1m 00
7 — 14 févr. 1885	+ 4	292	3,7	0m 30 — 1m 75
6 — 30 mars 1885	+ 10	92	5,3	0m 75 — 5m 10
7 — 23 avril 1885	+ 15	93	5,7	1m 25 — 5m 25
3 — 25 avril 1885	+ 16	48	7,7	2m 50 — 5m 50

On voit par là, la grandeur des variations que peuvent subir par le plus beau temps les valeurs du champ électrique en un point déterminé (1); et d'autre part, contrairement aux idées de M. Palmieri, on constate la longue durée (27 au 29 janvier) d'un champ électrique notoirement maximum, sans qu'il y ait dans l'atmosphère aucune condensation de vapeur d'eau.

3° Pour de plus grandes hauteurs, Exner a fait en ballon quelques observations, malheureusement trop peu nombreuses : il en résulte qu'à la hauteur moyenne de 550 mètres la valeur du champ électrique était de 205 volts, tandis qu'au même moment elle était de 98 volts à la surface de la terre.

De l'ensemble de toutes ces observations, on est autorisé à conclure que si par beau temps le champ électrique paraît, au voisinage du sol, invariable le long d'une même verticale, il

(1) Il est à remarquer que cette série ne vérifie pas plus la loi énoncée par Exner que celles que nous avons déjà discutées.

n'en est pas de même lorsqu'on s'éloigne notablement de la surface de la terre.

C'est là un point fort important, et toute théorie acceptable doit l'expliquer; celle de Sohncke en rend difficilement compte, il est au contraire une conséquence directe de celle d'Exner, ainsi que je vais le montrer.

Puisque, d'après Exner, la vapeur d'eau emporte dans l'atmosphère une quantité d'électricité négative qui, toutes choses égales d'ailleurs, est proportionnelle à son poids, on peut admettre que dans un élément de volume de l'atmosphère pris à une hauteur quelconque n, la densité électrique cubique ρ est proportionnelle au poids q de vapeur d'eau contenu dans l'unité de volume prise en ce point; on a donc par l'équation de Poisson.

$$\frac{d^2V}{dx^2} + \frac{d^2V}{dy^2} + \frac{d^2V}{dz^2} = -4\pi\rho = D.\ q.$$

Mais d'une part on peut, sans erreur sensible, supposer q proportionnel à la pression p de la vapeur d'eau mesurée au point considéré; et d'autre part, Hann a donné comme exprimant la variation de la pression de la vapeur d'eau avec la hauteur (1) la formule

$$(1) \qquad p = p_0\,(1 - \alpha n + \beta n^2),$$

où p_0 et p sont les pressions simultanées à la surface du sol et à la hauteur n,

$$\alpha = 0{,}246 \quad , \quad \beta = 0{,}01569 \quad ,$$

et où l'unité de hauteur est le kilomètre.

Cette formule n'est applicable qu'environ jusqu'à 7 kilo-

(1) *Die Abnahme des Wasserdampf gehaltes der Atmosphære mit zunehmender Hœhc.* Von Dr J. Hann. Zeitschrift der Osterreichen Geselhchaft für Meteorologie, vol. IX, 1874, p. 193 et suiv.

mètres, car pour des valeurs graduellement croissantes de n, elle donnerait des valeurs de p graduellement et indéfiniment croissantes : or, l'observation montre que pour une hauteur de 6 kil. 7, la pression p n'est plus que le sept centièmes de p_0.

D'ailleurs, si l'on cherche la variation du potentiel suivant la verticale,

$$\frac{d^2V}{dx^2}=o,\ \frac{d^2V}{dy^2}=o,\ \frac{d^2V}{dz^2}=\frac{d^2V}{dn^2},$$

on a donc

$$\frac{d^2V}{dn^2}=\text{D}.\,p_0\,(1-\alpha n+\beta n^2),$$

d'où

$$(2)\qquad \frac{dV}{dn}=\text{D}.\,p_0\left(n-\frac{\alpha}{2}n^2+\frac{\beta}{3}n^3\right)+\text{B},$$

Le champ électrique, au lieu d'être constant dans l'atmosphère, varie donc à mesure que change l'altitude au-dessus du niveau de la mer; et, comme avec les valeurs données ci-dessus pour les constantes, on a très sensiblement

$$\frac{d^2V}{dn^2}=\frac{d}{dn}\left(\frac{dV}{dn}\right)=\left(n-\frac{\alpha}{2\beta}\right)^2+\frac{1}{\beta}.\ 0{,}05.$$

on en conclut que le champ électrique est constamment croissant jusqu'aux limites où la formule (1) est applicable ; la formule (2) permettrait d'ailleurs de calculer, dans ces limites, les valeurs du champ électrique correspondant à toute hauteur, si l'on connaissait les constantes qu'elle contient.

La valeur de B est bien facile à obtenir, elle correspond au cas où $n=0$, c'est-à-dire que c'est la valeur du champ électrique mesurée à la surface du sol en même temps que celle prise à la hauteur n. La valeur de D est plus difficile à déterminer, Exner y arrive comme suit : à une hauteur telle que toute la vapeur d'eau atmosphérique se trouve au-dessous

du lieu d'observation, le champ électrique doit évidemment avoir la valeur maximum A qu'on trouverait à la surface de la terre si celle-ci n'avait perdu aucune parcelle de sa vapeur d'eau. Or, à cette hauteur, $p = 0$; admettons que la formule de Hann soit encore applicable (1), de l'équation (1) tirons n en fonction de p et remplaçons dans l'équation (2), faisons y ensuite $p = 0$ nous aurons, puisque le premier membre sera égal à A,

$$A = D.\, p_0\, M\left(1 - \frac{\alpha}{1} M + \frac{\beta}{3} M^2\right) + B,$$

où, pour abréger, on a posé

$$M = \frac{\alpha}{2\beta} \pm \sqrt{\frac{1}{4}\frac{\alpha^2}{\beta^2} - \frac{1}{\beta}}.$$

et d'où l'on tirerait D. Il est plus simple de l'exprimer en fonction de A; posons

$$1 - \frac{\alpha}{2} n + \frac{\beta}{3} n^2 = N$$

nous obtiendrons aisément

$$(3) \qquad \frac{dV}{dn} = \frac{A - B}{MN}\left(n - \frac{\beta}{2} n^2 + \frac{\beta^3}{3} n^3\right) + B,$$

équation qui ne contient plus que des quantités connues. On peut dès lors calculer les valeurs théoriques du champ électrique et les comparer aux observations.

Avec la valeur A = 1300 déterminée plus haut par Exner, on trouve pour $n = 0{,}55$,

$$\frac{dV}{dn} = 326\text{V},$$

nombre bien différent de celui qu'avait donné l'observation.

(1) Cette hypothèse est inadmissible ; nous avons en effet vu plus haut que, avec les coefficients adoptés, l'équation

$$1 - \alpha n + \beta n^2 = 0$$

n'a point de racines réelles.

On peut se rendre compte également du degré d'exactitude de la formule en la faisant servir à la détermination de la constante A au moyen du champ électrique observé.

On trouve ainsi

$$A = 655 \text{ V},$$

au lieu de 1300 V, que la série des observations faites à la surface du sol avait donnés.

En résumé, si la théorie d'Exner nous fait prévoir l'augmentation continue du champ électrique avec l'altitude que l'observation paraît bien indiquer, elle n'est point capable de rendre compte numériquement du mode de variation de cette donnée fondamentale pour la connaissance des faits de l'électricité atmosphérique.

P. — CONCLUSIONS

Nous résumons ici les conclusions qui se déduisent de la discussion qui précède :

1° Aucune des théories que nous avons étudiées ne suffit pour expliquer l'ensemble des phénomènes électriques de l'atmosphère se produisant par *beau temps*, c'est-à-dire dans les conditions en apparence les plus simples et les plus régulières.

2° Les variations de la force électrique constatées par *beau temps* en un point de l'atmosphère au voisinage du sol, dans des conditions d'installation fixes et absolument définies, doivent être considérées comme se rapportant à ce point de l'atmosphère et non point comme mesurant les variations du potentiel électrique du sol lui-même.

En effet, par suite de la grande conductibilité de la croûte solide du globe terrestre, il est inadmissible qu'une différence de potentiel importante puisse subsister entre deux points différents de sa surface; au même instant physique les poten-

tiels des deux points différents de la surface du sol sont donc sensiblement les mêmes. Or, les différences de potentiel que l'observation montre dans les différentes stations entre un point de l'atmosphère et le sol varient d'une façon très régulière avec l'heure solaire locale. Au même instant physique, elles diffèrent donc, toutes choses égales d'ailleurs, avec les longitudes des stations situées sur un même parallèle; le potentiel du sol étant le même à chaque instant dans ces différents points, les différences observées ne peuvent provenir que de l'atmosphère elle-même.

En fait, les mesures si nombreuses d'intensité des courants telluriques faites par M. Airy, en Angleterre, et M. Blavier (1), en France, ne donnent pas, entre les points de départ et d'arrivée souvent très distants, de différences de potentiel supérieures à 5 ou 6 volts.

3° Du parallélisme des courbes de variation diurne de la force électrique et du poids de vapeur d'eau, on est porté à conclure que, pour le premier comme pour le second de ces éléments météorologiques, existe une cause continue de renouvellement ou de production d'ailleurs régie par des lois semblables à celles qui gouvernent la production de la vapeur d'eau.

Cette cause de renouvellement ou de production serait telle qu'au moins dans de certaines conditions elle amène dans l'atmosphère des masses électriques agissantes (2) négatives, de sorte qu'à un courant atmosphérique extraordinairement ascendant, puisse correspondre une force électrique également ascendante : elle devrait aussi être telle qu'elle donne lieu à un champ électrique non homogène, mais croissant avec l'altitude, tout au moins jusqu'à certaines limites.

(1) *Étude des courants telluriques*, par M. Blavier, 1884.

(2) *Sur l'électricité atmosphérique*, par M. Mascart. Comptes rendus des sénaces de l'Académie des sciences, vol. LXXXXI, 1880, p. 159.

CHAPITRE VIII

MAGNÉTISME TERRESTRE

Les instruments employés à l'Observatoire de Lyon pour l'étude du magnétisme terrestre sont de deux sortes :

1° Le magnétomètre enregistreur de M. Mascart. Cet appareil est trop connu aujourd'hui pour que nous croyons devoir en donner la description; elle a d'ailleurs été publiée très complètement par M. Th. Moureaux dans les Annales du Bureau central météorologique de France (1).

2° Une boussole de Brunner nous donnant les valeurs absolues de la déclinaison et de la composante horizontale; nous n'avons point encore d'appareil nous permettant d'obtenir la valeur absolue de l'inclinaison.

A l'aide du second système d'appareils, nous pouvons étudier les variations annuelles des éléments magnétiques. D'autre part, en prenant la moyenne des indications correspondantes à la même heure du jour dans les relevés obtenus à l'aide de l'enregistreur photographique Mascart, nous obtenons la marche diurne normale de ces éléments, indépendamment des perturbations magnétiques.

(1) *Observations magnétiques faites à l'Observatoire du parc Saint-Maur*, par Th. Moureaux. Annales du Bureau central météorologique, 1884, vol. I.

I. — Année moyenne.

Les observations n'indiquent pas, pour les différents éléments magnétiques, de variations à période annuelle; la déclinaison y décroît d'une façon plus ou moins régulière mais continue; et quant au maximum que présente, en 1889 et 1890 de juin à août, le tableau des valeurs annuelles de la composante horizontale, il convient d'avoir un plus grand nombre de déterminations avant d'en chercher l'explication.

Mais le magnétisme terrestre présente une particularité que nous n'avons point remarquée dans les phénomènes déjà étudiés; certains éléments magnétiques varient progressivement d'année en année. La déclinaison, en particulier, est soumise à deux sortes de variations : l'une à très longue période, six cents ans environ, dite *séculaire,* et en vertu de laquelle, à Lyon actuellement, la déclinaison occidentale diminue d'environ 6′ par an; l'autre à période beaucoup plus courte, de onze ans environ, et qui fait osciller la valeur réelle de la déclinaison autour des valeurs qui résulteraient de la variation précédente.

II. — Jour moyen.

A l'aide des données fournies par l'enregistreur, qui ne nous donne évidemment d'ailleurs que des valeurs relatives, nous avons construit un jour moyen pour l'année et pour chacune des saisons qui la composent, jour moyen dont les variations sont évidemment soustraites à l'influence des variations séculaire et undécennale, tout aussi bien qu'à celle des perturbations magnétiques. Nous avons traduit les résultats graphiquement dans une planche placée à la fin de ce mémoire (Pl. 6),

et nous donnons ici le tableau des nombres relatifs à l'année moyenne.

HEURES	ÉCARTS A LA MOYENNE DE LA			HEURES	ÉCARTS A LA MOYENNE DE LA		
	COMPOSANTE VERTICALE en 1/10.000	COMPOSANTE HORIZONTALE en 1/10.000	DÉCLINAISON en minutes		COMPOSANTE VERTICALE en 1/10.000	COMPOSANTE HORIZONTALE en 1/10.000	DÉCLINAISON en minutes
0	0,3 +	+ 2,8	— 1'5	12	3,0 —	— 3,3	+ 4'0
1	0,0	+ 2,2	— 1,4	13	2,7 —	— 2,3	+ 4,8
2	0,1 —	+ 1,5	— 1,2	14	0,8 —	— 1,8	+ 4,3
3	0,2 —	+ 1,7	— 1,1	15	0,5 +	— 1,7	+ 3,1
4	0,2 —	+ 1,7	— 1,1	16	1,5 +	— 1,5	+ 1,7
5	0,0	+ 1,9	— 1,4	17	1,7 +	— 1,1	+ 0,7
6	0,0	+ 1,8	— 1,7	18	1,9 +	+ 0,2	0,0
7	0,2 —	+ 0,7	— 2,1	19	1,7 +	+ 1,6	— 0,5
8	0,1 +	— 1,5	— 2,3	20	1,5 +	+ 2,6	— 0,8
9	0,7 —	— 3,9	— 1,8	21	1,3 +	+ 3,0	— 1,1
10	1,7 —	— 5,4	— 0,3	22	0,9 +	+ 3,1	— 1,4
11	2,8 +	— 4,9	+ 1,9	23	0,5 —	+ 3,0	— 1,5

L'inspection de ce tableau et de ces courbes montre que pour la :

a). **Déclinaison.** — 1° A partir de 8 heures du matin, l'aiguille aimantée se dirige vers l'ouest, en suivant le soleil jusque vers 1 heure 15^{m}; après être restée sensiblement stationnaire pendant plus d'une demi-heure, elle retourne assez rapidement vers l'est. A partir de 6 heures du soir, la marche vers l'est devient plus lente; et l'on peut dire, en faisant abstraction d'un léger maximum secondaire qui a eu lieu vers 4 heures du matin, que pendant toute la nuit l'aiguille de déclinaison est sensiblement immobile.

2° L'aiguille de déclinaison passe par sa position moyenne deux fois pendant la durée du jour moyen; la première fois

à 10 heures du matin, la seconde fois vers 7 heures du soir. En outre, ces heures de passage par la valeur moyenne sont sensiblement les mêmes pour toutes les saisons; si bien que, dans nos régions, on peut obtenir très approximativement la valeur moyenne diurne de la déclinaison au moyen d'une seule observation faite régulièrement chaque jour à l'une des heures que nous venons d'indiquer.

3° L'heure de la plus grande digression vers l'ouest est aussi sensiblement la même, 1 heure 15^m du soir pour chacune des saisons de l'année.

L'heure de la plus grande digression vers l'est varie au contraire avec la saison : plus hâtive vers 6 heures 30^m du matin en été, elle retarde progressivement jusqu'à l'hiver, 8 heures 15^m en automne et 9 heures en hiver, pour avancer à 8 heures 12^m au printemps.

4° L'inflexion secondaire de la nuit, qui est presque nulle en automne et en hiver, devient un peu sensible au printemps; mais elle n'est réellement importante qu'en été, où le maximum correspondant d'écart vers l'ouest a lieu vers 3 heures 15^m du matin.

b). **Composante horizontale.** — 1° Dans le jour magnétique moyen de l'année, la valeur de la composante horizontale offre un minimum bien caractérisé vers 10 heures 15^m du matin; un minimum secondaire a lieu vers 2 heures 40^m du matin; ces deux minima sont séparés par deux maxima presque aussi importants l'un que l'autre, dont le premier correspond à 5 heures du matin et le second est voisin de 9 heures du soir. Ainsi, la composante horizontale diminue à partir de 5 heures du matin, pour atteindre son minimum absolu à 10 heures 15^m; et à partir de là, elle augmente à peu près régulièrement jusque vers 9 heures du soir, pour rester à peu près stationnaire, à part quelques oscillations secondaires, pendant toute la durée de la nuit.

2° Ces conclusions ne s'étendent point à toutes les saisons, l'hiver fait exception. Dans cette saison le maximum du matin, qui commence à s'accentuer un peu en automne, devient très important et a lieu plus tard vers 7 heures 20^m du matin, le minimum qui le suit se produit vers 11 heures 15^m, et à partir de là la composante augmente lentement pendant le reste du jour et pendant toute la nuit, jusqu'au maximum du matin. En hiver, la courbe qui donne les variations de la composante horizontale n'offre donc qu'une seule oscillation.

3° Les heures de passage par la valeur moyenne sont très variables d'une saison à l'autre; on ne peut donc avoir d'heure invariable toute l'année pour une observation unique régulière de cet élément.

4° Les inflexions secondaires du soir et de la nuit sont les plus sensibles en automne; en hiver, au contraire, on peut les négliger complètement.

c). **Composante verticale.** — 1° Pour le jour moyen de l'année, comme pour celui d'une saison quelconque, la composante verticale peut être considérée comme étant invariable pendant toute la nuit; pendant l'été, où elles ont la plus grande durée, ses variations s'étendent de 5 heures du matin à 6 heures du soir; en hiver, où elles durent le moins, elles se limitent entre 9 heures du matin et 4 heures du soir.

2° L'époque du minimum est sensiblement la même, 9 heures 10^m du matin, pour toute l'année; de même aussi, une des heures de passage par la valeur moyenne est à fort peu près invariable, 2 heures 30^m de l'après-midi.

Variation undécennale. — L'étude des variations diurnes qui nous a permis de mettre en évidence l'existence d'une variation de période annuelle dans les effets du magnétisme terrestre, nous conduit encore à une constatation fort nette de

l'existence de la période undécennale. En effet, si l'on compare les différentes années dont nous nous occupons au point de vue de l'*amplitude diurne* d'un même élément magnétique, on voit qu'à ce point de vue elles sont loin d'être semblables.

En général, l'amplitude diurne d'un élément quelconque décroît progressivement à partir du commencement de l'intervalle que nous étudions pour croître à la fin. C'est ce que montre le tableau suivant, où les amplitudes de la déclinaison sont

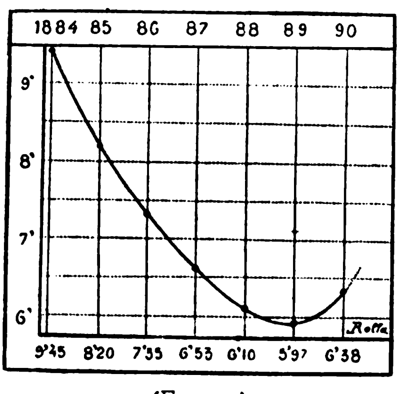
ANNÉE	AMPLITUDES DIURNES MOYENNES DE LA		
	DÉCLINAISON	COMPOSANTE horizontale	COMPOSANTE verticale
1884	9'45	1,01	0,60
1885	8,20	0,92	0,59
1886	7,35	0,89	0,56
1887	6,53	0,74	0,50
1888	6,10	0,77	0,48
1889	5,97	0,65	0,33
1890	6,38	0,72	0,32

données en minutes et centièmes de minute, et celle des deux composantes en dix-millièmes de leurs valeurs, et où les nombres inscrits pour la composante horizontale sont les moyennes des amplitudes provenant du maximum moyen de 5 heures du matin et du maximum moyen de 10 heures du soir, comparées au minimum de 10 heures du matin.

Les nombres relatifs à la déclinaison sont surtout intéressants à cause de la précision relativement plus grande avec laquelle ils sont déterminés.

Nous en avons déduit la courbe ci-jointe (fig. 10), dont les abscisses se rapportent au milieu de chaque année. Elle montre bien l'existence d'un minimum pour l'amplitude de la varia-

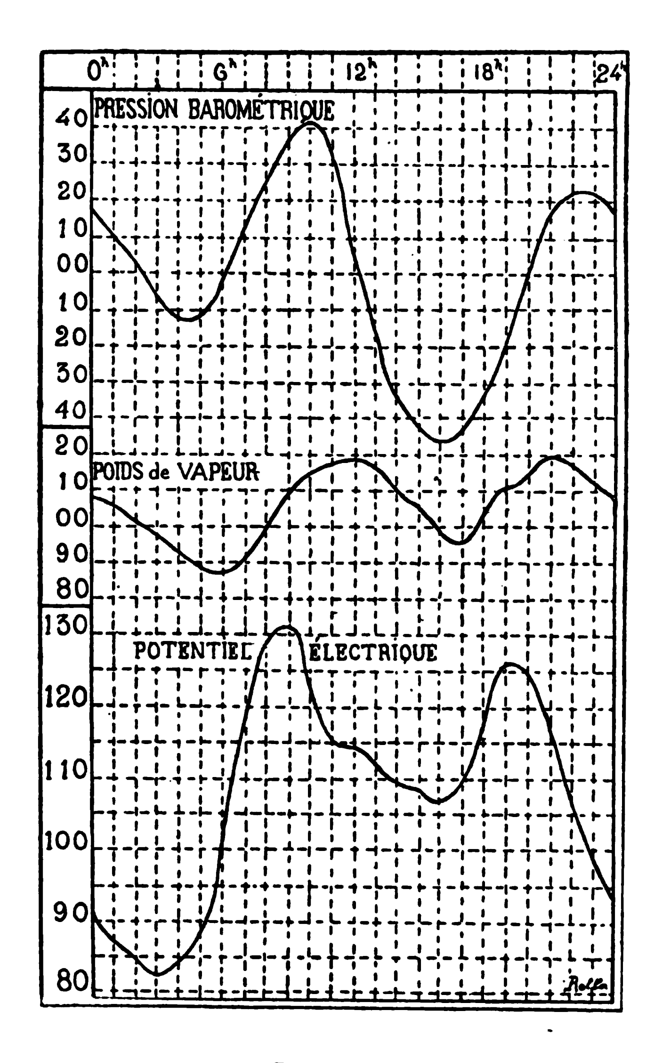
tion diurne de cet élément et lui assigne comme époque la fin de l'année 1889, époque qui serait le commencement d'une nouvelle période undécennale pour les phénomènes du magnétisme terrestre. C'est la première fois que nous constatons une périodicité dans la variation diurne d'un élément météorologique, et ce fait important différencierait à lui seul le magnétisme terrestre des autres phénomènes que nous avons étudiés jusqu'ici ; mais il faut y ajouter un autre caractère bien remarquable encore : la durée de la période undécennale magnétique est la même que celle qui gouverne la fréquence et la distribution des taches et facules de la surface solaire, le minimum en nombre et en étendue des *régions d'activité* du soleil coïncidant avec le minimum de l'amplitude moyenne de la variation diurne des différents éléments magnétiques.



(FIG. 10).

Cette identité des deux périodes met en évidence une action directe sur l'aiguille aimantée des phénomènes multiples dont le soleil est le siège (1).

(1) Consulter à ce sujet : *Relation des phénomènes solaires et des perturbations du magnétisme terrestre*, par E. MARCHAND, météorologiste adjoint à l'observatoire de Lyon (Lyon, 1888).



0h
6h
12h
18h
24h
PRESSION BAROMÉTRIQUE
40
30
20
10
00
10
20
30
40
20
10
POIDS de VAPEUR
00
90
80
130
POTENTIEL ÉLECTRIQUE
120
110
100
90
80

PLANCHE I.

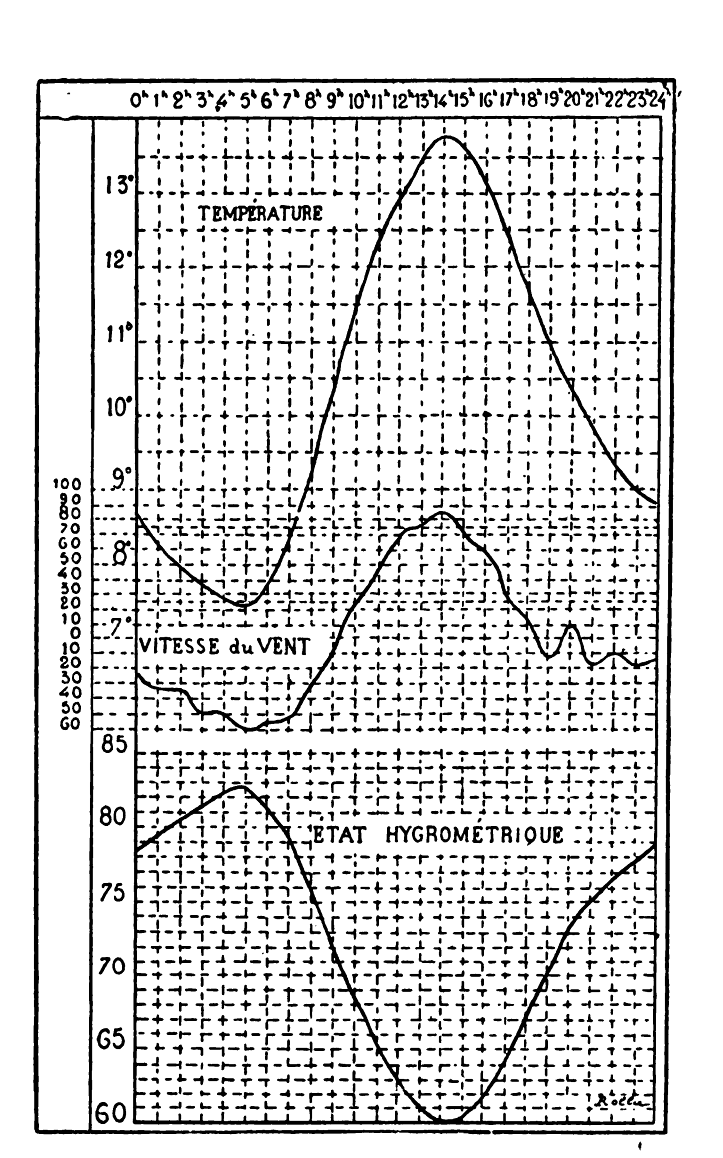
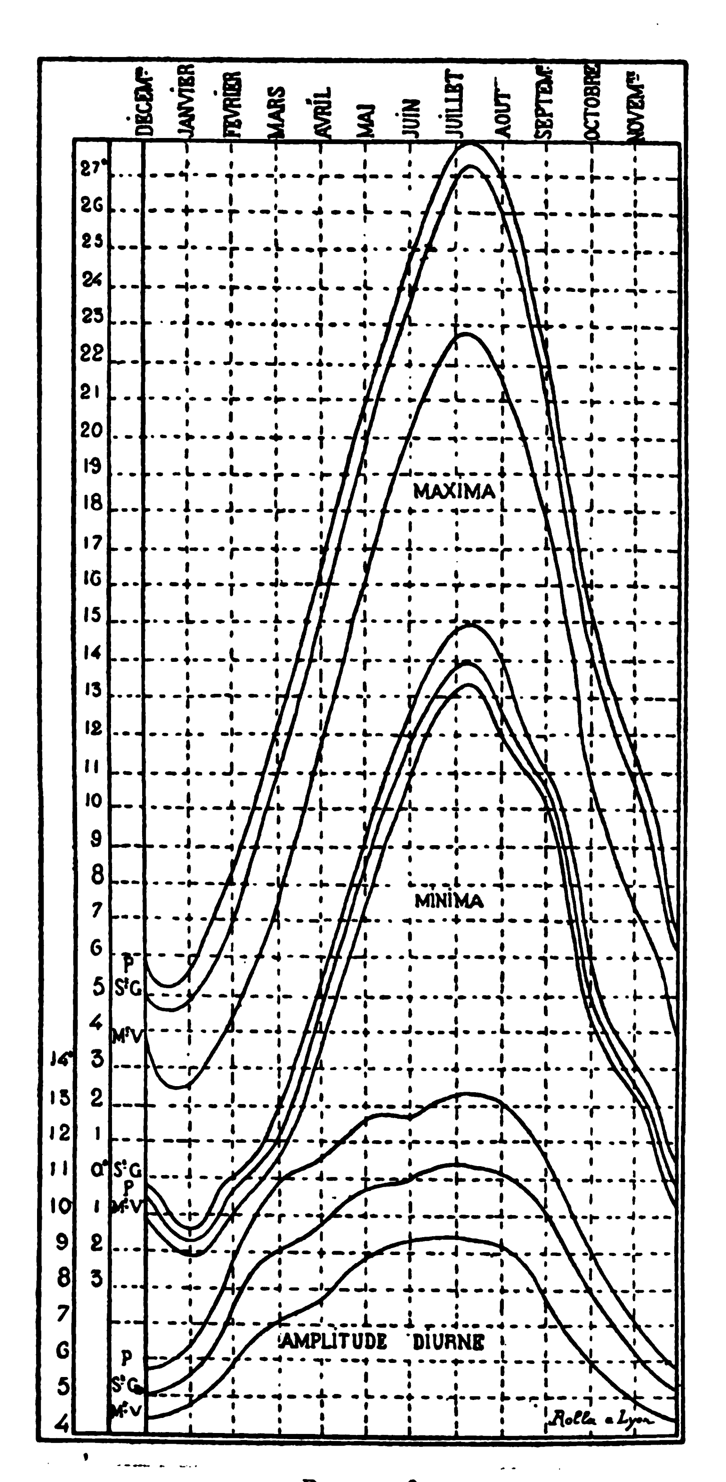

0h 1h 2h 3h 4h 5h 6h 7h 8h 9h 10h 11h 12h 13h 14h 15h 16h 17h 18h 19h 20h 21h 22h 23h 24h
13°
12°
11°
10°
9°
8°
7°
TEMPÉRATURE
VITESSE du VENT
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
85
80
75
70
65
60
ÉTAT HYGROMÉTRIQUE

PLANCHE 2.



DÉCEMre
JANVIER
FÉVRIER
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUILLET
AOUT
SEPTEMre
OCTOBRE
NOVEMre
27°
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0°
1
2
3
14°
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
P
St G
Mt V
MAXIMA
MINIMA
AMPLITUDE DIURNE
Rolla a Lyon

PLANCHE 3.

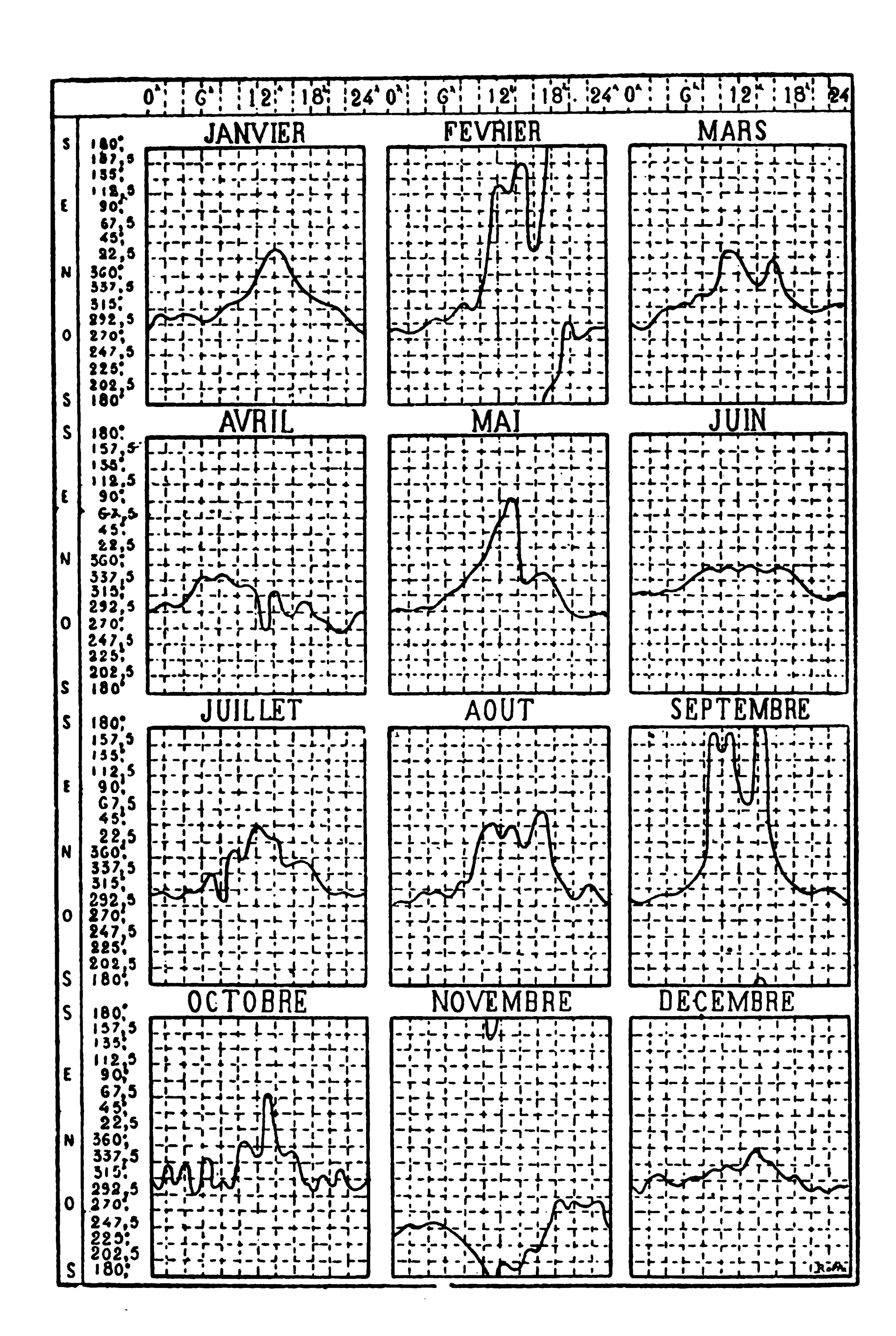
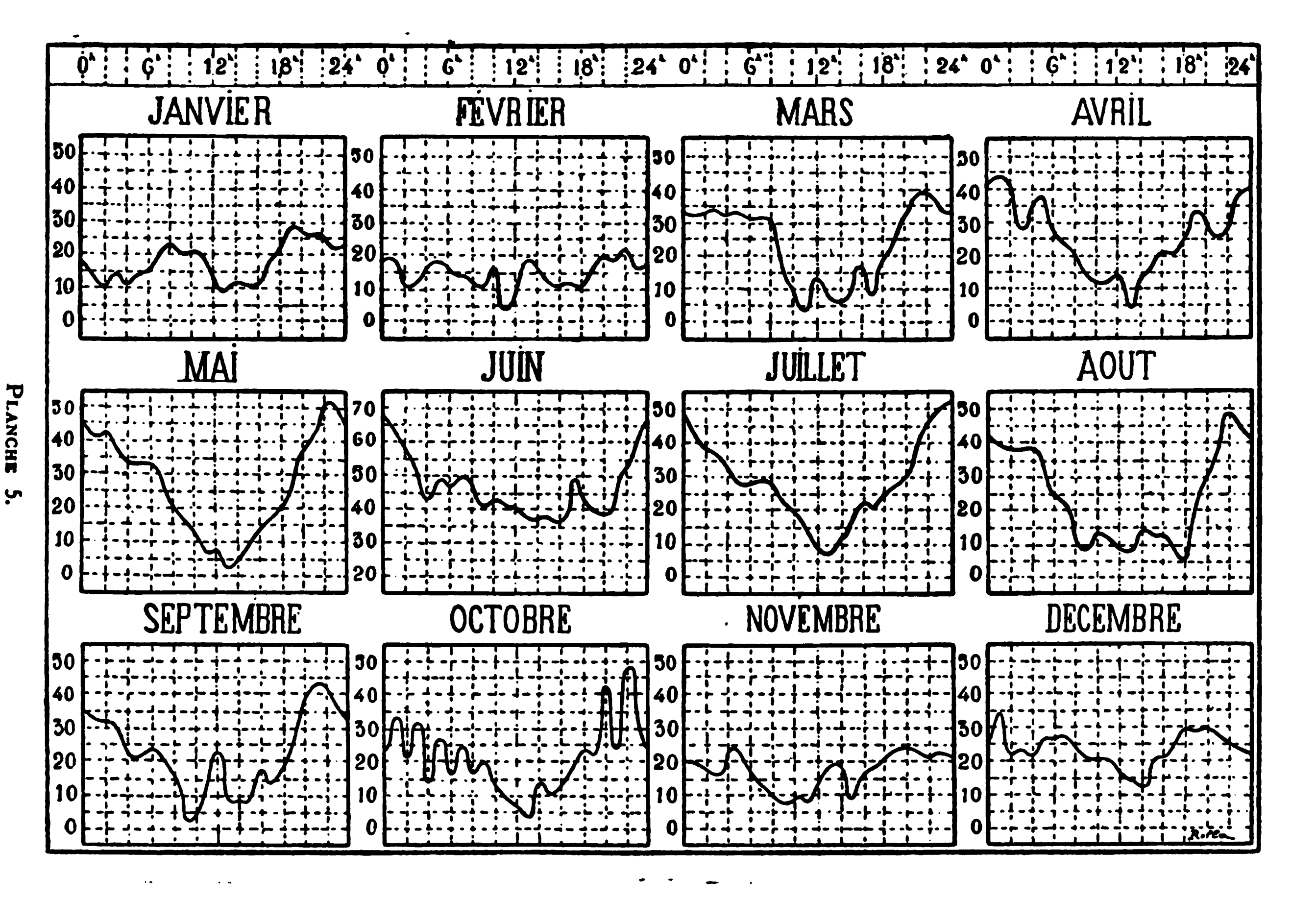

0h 6h 12h 18h 24h 0h 6h 12h 18h 24h 0h 6h 12h 18h 24
JANVIER
FEVRIER
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUILLET
AOUT
SEPTEMBRE
OCTOBRE
NOVEMBRE
DECEMBRE
180°
157,5
135°
112,5
90°
67,5
45°
22,5
360°
337,5
315°
292,5
270°
247,5
225°
202,5
180°
S
E
N
O
S

PLANCHE 4.



0h 6h 12h 18h 24h 0h 6h 12h 18h 24h 0h 6h 12h 18h 24h 0h 6h 12h 18h 24h
JANVIER
FÉVRIER
MARS
AVRIL
MAI
JUIN
JUILLET
AOUT
SEPTEMBRE
OCTOBRE
NOVEMBRE
DECEMBRE

PLANCHE 5.

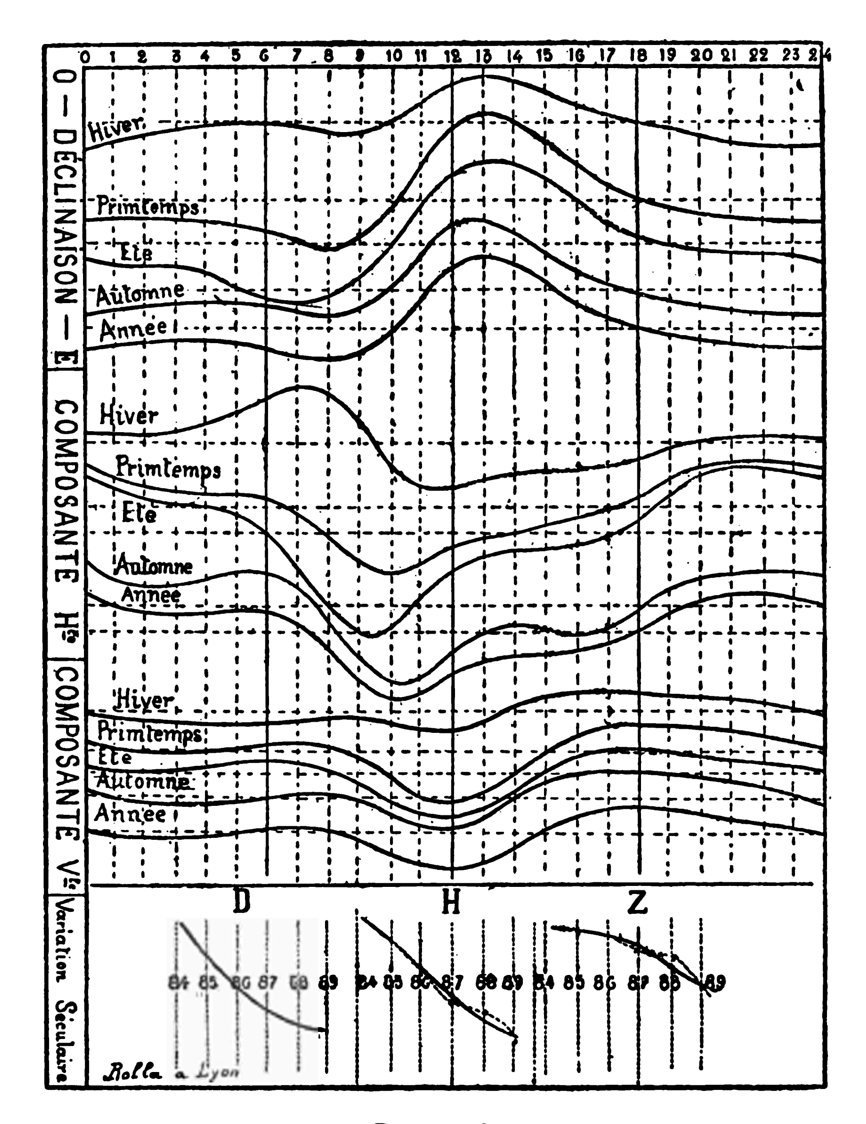

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
O — DÉCLINAISON — E
Hiver
Primtemps
Eté
Automne
Année
COMPOSANTE Hte
Hiver
Primtemps
Eté
Automne
Année
COMPOSANTE Vle
Hiver
Primtemps
Eté
Automne
Année
D
H
Z
Variation Séculaire
84 85 86 87 88 89
84 85 86 87 88 89
84 85 86 87 88 89
Rolla à Lyon

PLANCHE 6.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER.

PRESSION BAROMÉTRIQUE.

CHAPITRE II.

TEMPÉRATURE.

CHAPITRE III.

VENT.

A. Vitesse.

B. Direction.

CHAPITRE IV.

PLUIES.

CHAPITRE V.

HUMIDITÉ DE L'ATMOSPHÈRE.

C. Humidité relative.

D. Poids de vapeur.

E. Production de la vapeur d'eau.

CHAPITRE VI.

ÉTAT DU CIEL.

F. Nébulosité.

G. Insolation.

H. Brouillards. — Orages. — Gelées.

CHAPITRE VII.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.

I. Observations de Lyon.

J. Théorie de Peltier.

K. Théorie d'Exner.

L. Théorie de Sohncke.

M. Théorie de Palmieri.

CHAPITRE VIII.

MAGNÉTISME TERRESTRE.

PLANCHES.

COMPTE RENDU

DES

TRAVAUX DE L'ACADÉMIE

DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS DE LYON

PENDANT L'ANNÉE 1891

Lu dans la séance publique du 22 décembr 1891

PAR

M. Henry MORIN-PONS

Messieurs,

En m'appelant à la présidence de votre Académie, vos suffrages indulgents se sont portés sur un banquier; c'est le bilan de vos travaux en 1891 qu'il est aujourd'hui chargé de vous soumettre, et s'il est permis de prolonger l'usage de termes familiers à la finance, c'est, dirai-je, un compte de profits et pertes, soldant largement au crédit de la science qui va se dérouler sous vos yeux, c'est le tableau de votre féconde production dans l'espace de quelques mois, le résultat d'efforts sans cesse tournés vers la recherche du vrai et du bien.

La place faite à l'esthétique est dans l'ensemble relativement restreinte ; vos préoccupations se sont portées de préférence sur les questions scientifiques et humanitaires. Ce n'est

pas la première fois que cette prépondérance est constatée; elle ne rend que plus difficile la tâche d'une plume vraiment incompétente dans ces doctes matières; mais ne nous plaignons pas, les lettres ont eu leur part indirecte, et pourtant très appréciable, dans vos démonstrations techniques dont la forme élégante a rehaussé l'attrait d'une exposition lumineuse; puisse la rédaction de cet inventaire vous offrir, Messieurs, comme un reflet des exemples que vous m'avez tracés.

Placé à côté de M. le Dr Arloing, mon collègue à la présidence, et si loin de lui dans l'ordre des connaissances biologiques, je n'ose aborder qu'avec une extrême timidité la revue des problèmes dont il nous a entretenus. Et certes, jamais nous n'avions été plus avides de ses communications. Vous avez encore présente à la mémoire, Messieurs, l'émotion survenue au lendemain du Congrès de Berlin; tous les regards étaient concentrés sur les ambitieuses promesses dont il avait retenti. Il ne s'agissait de rien moins que de pouvoir constater à coup sûr et guérir ce mal qui est un des fléaux de l'humanité, la tuberculose. Certes, nous avions le droit de nous dire que la science française avait ouvert le chemin avec une série d'heureuses recherches sur la possibilité de conférer l'immunité à l'aide de produits solubles fabriqués par les microbes; l'application pratique et utile, ce complément de nos conquêtes, semblait devoir nous échapper. Laissant de côté ce que notre amour-propre national pouvait avoir à souffrir de ne pas voir la France arriver la première dans la poursuite d'un but si élevé, nous nous réjouissions des horizons consolants qui paraissaient s'ouvrir à l'art médical, et nous demandions avec quelque impatience à notre sympathique confrère la confirmation de ces espérances hâtives. Il nous répondait par de prudentes réserves, empreintes d'une sorte de scepticisme réfrigérant. Nous n'avons pas attendu long-

temps de plus amples explications, et dès votre séance du 3 février, M. Arloing nous lisait son beau travail sur le traitement de la tuberculose par la méthode de Koch, réflexions critiques sur sa nature, sa filiation, son mécanisme et ses fonctions.

Tout en admettant que la chirurgie semblait appelée à en recueillir quelque bénéfice, l'auteur ne nous cachait pas que la médecine n'avait éprouvé à cet égard que des déceptions. Il arrivait à cette conclusion qu'on peut probablement créer à un faible degré chez les animaux l'immunité contre la tuberculose et donner à l'économie une résistance qui lui permette parfois de triompher des bacilles tuberculeux atténués. Il est à supposer, ajoutait-il, qu'une immunité analogue résulte de l'évolution de la tuberculose chez l'homme, mais elle ne parvient à restreindre la maladie et à prévenir sa généralisation que dans les cas où la virulence des bacilles est très affaiblie. L'atténuation, telle serait, suivant les paroles prononcées ici-même, la condition implicitement souhaitée par Koch pour concourir à ce qu'il n'a pas craint d'appeler « l'action curative et incontestable de son remède. »

Cependant les expériences continuaient dans les hôpitaux allemands et ailleurs, souvent au péril, au détriment de la vie humaine, et les doutes les plus graves sur l'efficacité et l'innocuité du remède commençaient à se répandre. M. Arloing, lui, dans sa haute prudence, ne s'est attaqué qu'à des animaux; les résultats de son enquête, poursuivie sous le patronage de la Faculté de médecine avec le concours de MM. Rodet et Courmont, vous ont été soumis dans votre séance du 2 juin. L'impression a été profonde. De ce remède qui devait révéler le mal, le guérir, le prévenir, quelle est donc l'influence sur les animaux? Koch prétendait que l'inoculation ne produit presque pas de fièvre sur les sujets bien portants. Mais l'expérience a démontré que parfois les réac-

tions se manifestent pour eux comme pour les animaux malades. La valeur curative n'existe pas davantage; aux termes mêmes du procès-verbal qui résumait cette communication, l'emploi de la lymphe de Koch, loin d'arrêter la marche de la tuberculose, l'a plutôt favorisée, de telle sorte que des animaux de l'espèce bovine qui auraient pu vivre plus d'une année encore sans l'intervention du traitement, sont morts vingt jours après l'inoculation effectuée. Enfin, la vertu préventive est illusoire; après avoir administré la tuberculine à des cobayes ou à des lapins parfaitement sains, on a vu les symptômes et les effets morbides au bout de quelques jours, et il est arrivé que les animaux qui avaient reçu la lymphe ont été plus gravement atteints que ceux déjà malades auxquels elle n'avait point été inoculée.

Ainsi donc feu de paille ! et dans sa reconnaissance pour les bienfaits dérivés de la bactériologie, l'humanité continuera à saluer tout d'abord la grande figure de Pasteur. La France n'est point dépossédée de sa suprématie. N'est-ce pas le cas d'emprunter aux Hohenzollern leur propre devise : *Suum cuique ?*

Ces précieuses dissertations ne sont pas les seules que nous ayons dues à M. Arloing. Il nous a communiqué trois pièces appartenant au fonds Coste de notre bibliothèque municipale et relatives à l'hypnotisme sous le règne de Louis XVI. On sait qu'à cette époque l'école de Mesmer appliquait particulièrement au diagnostic des maladies le magnétisme animal qu'on appelle aujourd'hui l'hypnotisme. Contre cette doctrine une vive réaction a surgi au commencement de notre siècle; le discrédit est venu à la suite de certaines somnambules qui prétendaient ne consulter que leurs propres inspirations. Tout autre était au début le système pratiqué dans notre ville par les adeptes de cette école, alors que le magnétisme s'imposait d'opérer lui-même sur les malades pour

découvrir le secret de leurs maux. L'Académie suivait ces travaux avec attention, et son historien Dumas leur a consacré quelques passages de son livre. Des officiers, des gens du monde s'enflammaient pour cette cause ; on cite MM. de Monspey, de Barbarin, Millanois. Aux incrédules s'adressaient des expériences faites à l'École vétérinaire qui en conserve les procès-verbaux; des noms devenus chers à la science lyonnaise y sont inscrits, ceux de Prost de Royer, de Bredin, d'Hénon; vous les avez recueillis, Messieurs, avec toute la sympathie due à ces devanciers.

Revenons à nos microbes, à ces infiniment petits qui occupent une place toujours plus grande dans les théories modernes. Vous vous rappelez, Messieurs, les justes éloges que notre président de l'année dernière donnait aux travaux de M. le Dr Joseph Teissier sur l'influenza de 1889-90 en Russie. Dès le mois de janvier suivant, l'auteur déposait sur notre bureau son remarquable rapport de mission adressé à M. le Ministre de l'instruction publique. Faut-il en retracer les grandes lignes, décrivant successivement la grippe infectieuse à Pétersbourg, à Moscou, à Varsovie, constatant l'état endémique de cette affection qui est susceptible de devenir épidémique. C'est par centaines de mille qu'on a compté là-bas les personnes atteintes, tandis que, chose curieuse, le nombre des décès se limitait à un chiffre très restreint.

Comment déterminer l'élément pathogène de l'influenza concomitante avec certains bouleversements cosmiques et débutant le plus souvent autour des cours d'eaux contaminés, dans des régions humides, tendant au contraire à disparaître avec un abaissement sensible de la température ? M. Teissier avait trouvé dans les ondes de la Moscowa un strepto-bacille qui lui paraissait avoir la plus grande analogie avec celui que d'autres savants ont considéré comme le facteur initial de l'infection grippale. Mais depuis lors, avec le concours de

M. le Dr Gabriel Roux et de M. Pittion, notre confrère a été assez heureux pour extraire du sang de plusieurs malades grippés un streptocoque, de leurs sécrétions rénales, au moment de la défervescence, un diplo-bacille, tous deux présentant la plus grande ressemblance avec celui fourni par les eaux du fleuve russe. Ces deux formes de micro-organisme ont pu être observées dans les mêmes conditions respectives de sang et de liquide excrémentiel chez des lapins inoculés avec le diplo-bacille. Mais ce qu'il y a de tout à fait surprenant, ce qui a le mieux récompensé les délicates expériences de ces habiles collaborateurs, c'est qu'elles ont permis de constater la métamorphose artificielle du streptocoque en diplo-bacille. Ainsi première découverte, sinon définitivement acquise, au moins très vraisemblable, celle du germe spécifique de cette redoutable influenza, qui depuis deux ans répand la terreur, et, conquête plus précieuse encore, voilà que le caractère d'un véritable Protée paraît acquis à ce perfide ennemi. On comprend donc que l'Académie, vivement préoccupée des solutions nouvelles qui semblent apparaître, ait mis au concours pour la fondation Christin et de Ruolz la question de la variabilité dans les microbes au point de vue morphologique et physiologique.

Avec M. Charles André transportons-nous dans les régions célestes, mais arrêtons-nous un instant sur le Pic du Midi, nous y trouverons un observatoire très bien organisé et des instruments d'une grande puissance. Notre confrère s'y est livré à de nombreuses remarques. Pourquoi, lorsqu'un satellite de Jupiter passe devant ou derrière cette planète, continue-t-il à paraître lumineux ? Qu'est-ce donc que ces ligaments lumineux qui se produisent au contact externe de la planète avec son satellite, et présentent une image très nette, plus visible même avec une lunette de faible grandeur ? Comment se fait-il aussi que le disque lumineux du satellite sem-

ble pénétrer peu à peu dans la planète, et apparaisse encore tout entier quand il a évolué derrière elle ? Déjà notre collègue avait observé qu'une étoile ne disparaît pas instantanément en passant derrière la lune. Simple illusion instrumentale ! M. André s'est assuré que pour en finir avec les ligaments lumineux, il suffit d'employer des toiles métalliques ; le phénomène de visibilité s'évanouit alors quand on amène brusquement cet écran au-devant de l'objectif.

D'autres faits non moins curieux ont été rapportés de cette mission. Ainsi, lors de ce terrible orage des 19-20 août 1890, qui causa tant de dévastations, notamment à Saint-Claude, les paratonnerres établis près de l'observatoire du Pic du Midi parurent pendant la nuit illuminés dans toute leur hauteur, en faisant entendre un sifflement continu, et cependant pas un éclair n'embrasait le ciel, pas un tonnerre n'en troublait le silence. Un jour, pendant que la plaine était recouverte d'une couche épaisse de nuages, une pluie fine, réduite à l'état de vapeur, se faisait sentir sur les sommets ensoleillés. A noter aussi que l'humidité de l'air disparaissait quelquefois absolument ; c'est ainsi que M. Janssen est allé étudier au Mont-Blanc, dans les mêmes conditions, la siccité complète de l'air.

Notre docte confrère a le don de faire des élèves dignes de lui ; il nous a communiqué les observations recueillies par M. Marchand, astronome adjoint à Saint-Genis-Laval, observations qui ont porté tant sur les taches du soleil que sur certaines variations de l'atmosphère. Par une série de comparaisons qui n'embrasse pas moins de dix années, la température maxima et minima des trois stations de Saint-Genis, du Parc de la Tête-d'Or et du Mont-Verdun, a été respectivement établie, et c'est dans l'ordre où nous venons de les nommer que cette température y décroît. Pendant l'hiver de 1890, il y a eu au Parc 4° de froid de plus qu'à Saint-Genis.

M. André avait bien voulu être l'interprète de M. Marchand, M. Gonnessiat, également astronome adjoint à Saint-Genis-Laval, nous a présenté lui-même une étude sur les *Erreurs personnelles dans les observations astronomiques de passage.* En d'autres termes, il a recherché quelle différence existe entre l'instant exact où une étoile passe sur chacun des fils d'une lunette et les heures correspondantes marquées par les différents observateurs.

Fixez vos regards, prêtez l'oreille, recourez à la méthode électrique ; quel que soit le mode adopté, l'estimation du temps donnera généralement lieu à une erreur propre à chaque observateur, c'est ce qu'on désigne sous le nom d'*équation personnelle.* On a constaté entre deux astronomes des divergences pouvant aller dans les deux premiers cas à sept dixièmes de seconde, à quatre dans le troisième.

Un appareil spécial et ingénieux a été imaginé pour déterminer la valeur de l'équation personnelle ; l'observatoire de Saint-Genis en possède un, établi dans les meilleures conditions, c'est le complément indispensable d'une lunette méridienne. L'instrument est facile à manier et réalise parfaitement la représentation du mouvement d'un astre quelconque. Il remédie donc aux variations qui peuvent résulter d'un jour à l'autre de l'état physique et psychique de l'opérateur, variations que M. Gonnessiat a constatées sur lui-même.

Quelles sont donc les causes de ces altérations des sens appelés à percevoir ces phénomènes d'un ordre si délicat ? Est-ce un défaut de coordination entre la vue et l'ouïe, entre l'ouïe et le toucher, ou bien faut-il les attribuer à l'inexpérience de l'astronome ? Suivant M. Gonnessiat, il y a lieu de faire deux parts dans l'équation personnelle, la première provient du rythme des battements de la pendule : « l'observateur n'écoute plus le battement réel, mais un battement intérieur que sa pensée lui substitue. » Avec la méthode

électrique, c'est le retard éprouvé par l'impression lumineuse dans sa transmission au centre moteur qui agit sur la main.

M. Gonnessiat a modestement ajouté qu'une grande part dans ses recherches revient à M. André. Le maître a repris la parole quelques semaines plus tard pour nous communiquer ses propres observations sur l'électricité atmosphérique, question qu'il a étudiée par tous les temps. Des faits constatés résulte la preuve d'une relation directe entre les phénomènes électriques de l'atmosphère et les autres phénomènes météorologiques, relation qu'il importerait d'approfondir, afin d'en préciser la cause et la nature.

Soyons reconnaissants à nos mathématiciens et rendons justice à la variété de leurs connaissances. M. le comte de Sparre nous a démontré la fausseté d'un théorème venu d'Allemagne. M. Lafon qui est doublé d'un archéologue depuis qu'un heureux hasard lui a fait découvrir dans sa propriété les substructions de l'ancien amphithéâtre de Lugdunum, ne s'est pas contenté de vous soumettre une note sur une formule algébrique connue sous le nom d'équation de Ricati, il nous a informés que de nouvelles fouilles entreprises chez lui, à ses frais ajoutons-le, lui ont permis de retrouver à la fois les restes d'un aqueduc qui devait conduire l'eau dans l'amphithéâtre, ainsi qu'un long couloir voûté, mesurant près de 6 mètres de largeur et qui paraît avoir servi d'accès à la porte ouverte à l'extrémité septentrionale du monument. Enfin, M. Bonnel n'est pas seulement le dévoué secrétaire que vous savez, il apporte à vos séances de fréquents tributs toujours plus appréciés. C'est ainsi qu'il vous a initiés aux principes sur lesquels, d'après lui, sont fondées les premières définitions des volumes, surfaces, lignes et points géométriques. Ce travail, plein de considérations d'un ordre élevé, n'est que la préface de ses *Éléments de géométrie rationnelle* dont vous avez salué l'apparition. Plus récemment, M. Bonnel vous a

intéressés d'une manière directe en vous retraçant l'histoire encore manuscrite des fondations instituées dans notre Académie depuis 1840. De généreux bienfaiteurs vous ont légué ou donné des sommes importantes qui, placées sous les noms d'Ampère-Chevreux, Dupasquier, Herpin, Lombard de Buffières, Chazière, Clément Livet, ont singulièrement agrandi la légitime influence de votre Compagnie, sans élargir, hélas! les étroites limites de son budget personnel. Vous avez, Messieurs, prêté une attention soutenue au récit de ces faits, presque tous contemporains, vous vous êtes plu à entendre répéter les dispositions qui ont traduit et assuré les intentions des fondateurs, à repasser la liste des lauréats avec l'indication des rapports lus ou imprimés au sujet des récompenses distribuées, tous renseignements qu'il fallait aller chercher un peu partout dans vos Mémoires. Il y aura là une sorte de *vade mecum* pour les membres de vos futures commissions.

Je ne voudrais pas quitter le terrain scientifique sans remercier M. Humbert Mollière de ses diverses communications. En nous rendant compte d'ouvrages récemment publiés, l'un par M. Bernheim, de la Faculté de Nancy, l'autre par un élève de Charcot, M. le Dr Reignier, notre confrère nous a montré les conclusions opposées de ces deux savants, relativement à l'hypnotisme et à la suggestion chez les anciens et les modernes. Il en est résulté, au sein de l'Académie, une intéressante discussion qui, favorable dans son ensemble au système de M. Reignier, a abouti à cette fin que l'hypnotisme relève bien plus de la pathologie que de la physiologie. C'est en observant que la catalepsie, la léthargie et le somnambulisme dominent les annales du merveilleux depuis les origines de l'humanité, que M. Reignier a abordé l'histoire de la magie dans tous les temps et de la croyance au surnaturel sous toutes ses formes. Rendons grâce à Colbert qui a supprimé les procès de sorcellerie, sources de tant de cruautés contre

de pauvres inconscients. Mais la suggestion peut-elle enlever la responsabilité criminelle, comme on l'a soutenu si souvent? Prenons garde d'aller trop loin dans cette voie qui pourrait n'être pas moins dangereuse.

C'est encore à M. Mollière que nous devons connaissance d'un ouvrage bien curieux imprimé en Espagne dès 1498. L'auteur, Francisco Lopez de Villaloboz, y décrit fidèlement les accidents consécutifs du trop fameux mal de Naples. La date de ce livre, longtemps oublié, prouve qu'il ne faut plus songer à chercher au fléau une origine américaine.

Ce n'est pas tout : M. Mollière nous a lu récemment la première partie d'un savant mémoire sur la population de la Gaule au temps des Romains; il nous entretiendra bientôt de ce que Lyon pouvait contenir d'habitants à la même époque. Par d'habiles conjectures la durée moyenne de la vie humaine à Lugdunum se trouvera calculée d'une manière très vraisemblable; je ne fais qu'indiquer les grandes lignes, nous attendons avec impatience la suite de cet important travail.

Il arrive quelquefois, Messieurs, vous le savez par expérience, que des circonstances imprévues empêchent nos orateurs de paraître aux séances pour lesquelles ils s'étaient fait inscrire. Si nos jouissances sont ainsi retardées. nous ne sommes jamais pris au dépourvu, et les improvisations se succèdent, toujours faciles et attrayantes. M. Léger en a particulièrement le don; c'est ainsi qu'il nous a entretenus de la soie que M. le comte de Chardonnet a pu extraire de la pâte de bois avec une patience et une ingéniosité dont l'Exposition de 1889 nous a apporté l'écho. L'opinion publique doit applaudir aux efforts persévérants d'un homme du monde qui est devenu un savant; tenant de près à la famille de Ruolz, M. de Chardonnet avait du reste de beaux exemples à suivre. Mais trop de liens me rattachent au monde des affaires pour que je ne sois pas effrayé de la révolution industrielle qui tendrait à

détrôner le noble fil auquel la fabrique lyonnaise doit sa fortune et sa gloire. Je ne saurais donc me laisser séduire par les horizons heureusement lointains que M. Léger nous laisse entrevoir, et j'aime mieux m'embarquer avec lui dans le nouveau funiculaire dont il projette de doter notre ville, entre le pied du Chemin-Neuf et la terrasse de Fourvières. S'il peut en résulter le froissement de quelques intérêts locaux, qu'est-ce en comparaison du désastre dont la sériciculture, frappée avec le ver à soie, ferait retentir le monde, du Japon jusqu'à Beyrouth, et de Brousse aux Cévennes en traversant l'Italie!

Pour passer des questions scientifiques à celles qui relèvent de la classe des Lettres, s'il faut une transition, elle se présente naturellement, elle s'impose en quelque sorte avec cette réflexion que d'un côté comme de l'autre dominent l'amour des investigations patientes, l'alliance d'un labeur incessant et d'une critique judicieuse. Nous n'avions pas tort, Messieurs, de compter beaucoup sur M. l'abbé Chevalier; ses communications ont maintes fois contribué à l'intérêt de nos séances. Je vous rappellerai d'abord la nouvelle publication dans laquelle il est parvenu à reconstituer en grande partie le cartulaire de Saint-Maurice de Vienne détruit ou perdu pendant la période révolutionnaire. La chronique inédite des évêques de Valence et de Die, tirée de la bibliothèque de Carpentras, n'est pas moins digne d'être signalée. Ce sont là d'importantes conquêtes ajoutées à toutes celles de notre confrère dans le domaine de l'histoire, mais la science a revêtu un caractère ingénieux et piquant avec les révélations qu'il a pu nous faire sur certaines fraudes diplomatiques dont quelques unes sont contemporaines, dont d'autres au contraire remontent à une haute antiquité. Le Dauphiné a beaucoup à se reprocher dans cet ordre d'idées. On sait depuis huit siècles à quoi s'en tenir sur la fameuse donation du pagus de Salmorenc qu'aurait faite l'archevêque Barnouin à l'évêque de Grenoble, Isarn, dont la

prélature est postérieure de nombre d'années à celle du pontife viennois. L'abbé Durand-Arnaud a travaillé largement pour les Adhémar de Monteil et de Grignan qui pouvaient s'en passer, et quelque peu pour les de Monts de Savasse auxquels ce renfort n'était pas inutile. A citer encore la vie de Jean Emé, sire de Molines, et des chartes apocryphes du monastère de Bonnevaux, le tout composé pour donner à une famille fort distinguée du reste, les Marcieu, une illustration médiévale à laquelle elle n'a pas droit. Hélas! ces efforts n'ont eu qu'un résultat, maintenant acquis, celui de prouver qu'au XIVe siècle ce n'est pas la pesante épée des chevaliers que maniaient les Emé, mais bien la plume honorable et modeste des tabellions de village. De nos jours, ce sont des titres de croisade qu'on a fabriqués sur la plus large échelle. Vous savez, Messieurs, qu'à Versailles une salle spéciale est consacrée aux écussons des chevaliers qui prirent part à ces glorieuses expéditions. Nul plus que nous n'apprécie la valeur des souvenirs attachés à ces guerres lointaines, à ces entreprises qui ont eu leur côté pittoresque et même poétique. Mais, comme parmi les représentants de la noblesse française qui prétendent à la plus grande ancienneté, beaucoup ne pouvaient introduire leur blason dans ce sanctuaire, il s'est trouvé des scribes fort adroits qui ont créé avec un art infini des chartes où figurent, partant pour la Syrie, ou déjà au delà des mers, des preux dont les noms, chose curieuse, appartiennent presque tous à des familles existantes. Ces documents se sont naturellement vendus au poids de l'or, ne fallait-il pas racheter à tout prix ces pièces inédites, inespérées d'une origine féodale et rendre un pieux hommage à des ancêtres d'autant plus irréprochables qu'on ne les rencontre nulle part? Je fais allusion en ce moment à ce qu'on appelle les titres de la collection Courtois; la question est posée, et l'Académie des Inscriptions et Belles-lettres s'en occupe. Nous verrons ce

qu'il en sortira, quelques coups de badigeon peut-être sur une partie de la salle des croisades. Osera-t-on les porter ? Mais n'anticipons pas et passons à un manuscrit aux armes de Charles de Bourbon, archevêque de Lyon, fondateur de la belle chapelle que nous admirons dans notre cathédrale; M. l'abbé Chevalier nous prouve que le blason de ce missel à l'usage des Franciscains a été habilement inséré au milieu de lettres ornées, la valeur vénale du manuscrit ne pouvant que bénéficier, et largement, de son passage présumé dans ces augustes mains.

Or, voici qui est plus grave : un savant allemand, M. Gundlach, s'est aperçu que certaines pièces, connues de tout temps parmi les plus intéressantes de l'Église de Vienne, ont dû être fabriquées à une époque déjà reculée ; il attribuait ces falsifications au XIIe siècle. C'est que déjà l'Église de Vienne essayait d'enlever la primatie à celle d'Arles, et revendiquait pour elle-même des origines antérieures et supérieures. M. l'abbé Chevalier a démontré que la supercherie signalée par M. Gundlach remonte encore plus haut que l'époque entrevue par le docte Berlinois, et il a constaté que c'est dès le Xe siècle au plus tard que ces titres ont été fallacieusement rédigés. A qui se fier ? J'étais l'hiver dernier de passage à Nîmes, et je contemplais l'empreinte d'un bas-relief gallo-romain, montrant le Temps, un vieillard, qui découvre la Vérité réduite à son costume traditionnel. Eh bien ! dans le cas présent, le Temps ne s'est pas pressé de soulever le voile ! Mais ne devons-nous pas un hommage à la science allemande qui, à distance, étudie avec tant d'attention les arcanes de notre histoire ? Aurait-elle une affection particulière pour ce royaume d'Arles et de Bourgogne, qui a si longtemps dépendu de la couronne germanique ? Royaume, disent encore les mariniers inconscients pour désigner la rive droite du Rhône, Empire quand il s'agit de la rive gauche. Nous n'avons guère

plus souvenir de tout cela ; on ne l'a pas oublié sur les bords de la Sprée.

Et votre président, Messieurs, quel tribut a-t-il apporté à l'œuvre commune ? La pauvreté de son concours est bien faite pour l'humilier. Hélas ! il n'a pu vous entretenir que de quelques détails d'archéologie, ou d'épisodes microscopiques empruntés à notre histoire locale. Il n'a pas craint, entre autres, de signaler à l'indignation de la postérité le meurtre commis en 1358 par un moine de l'Ile-Barbe, Jean de Vaugrigneuse qui, chargé de percevoir pour son abbaye la dîme des vins de Montaney, porta une main homicide sur un pauvre vigneron. Grâce à l'enquête que nous a conservée le volumineux inventaire des titres du marquisat de Neuville, il m'a été facile de tracer la scène du crime ; les circonstances atténuantes m'ont paru faire absolument défaut, mais le document s'arrête après les dépositions accablantes des témoins, et j'ignore encore, nous ne saurons probablement jamais, si la justice suivit son cours, et put venger Jean Caron, la pauvre victime obscure, dont j'ai exhumé le nom oublié depuis tant de siècles.

J'avais un champ d'observations plus vaste et plus intéressant en rendant compte du remarquable travail dû à la plume infatigable de notre correspondant, M. Natalis Rondot, je veux parler de ses Protestants à Lyon, au XVIIe siècle. A force de patientes recherches, notre confrère a représenté sous son aspect vrai la colonie protestante de Lyon dans la période comprise entre la promulgation et la révocation de l'édit de Nantes. Les preuves à l'appui montrent qu'alors dans notre ville la situation des réformés a été relativement favorisée. Les sujets du roi y étaient peu nombreux, c'est par les immigrations venues d'Allemagne et de Suisse que le noyau se recrutait. Les mesures restrictives dont les libertés religieuses furent peu à peu l'objet, arrêtèrent ce développement sans

créer cependant, sachons le reconnaître, un *modus vivendi* intolérable. M. Rondot a fouillé dans nos archives pour reconstituer les éléments de cette population clairsemée ; c'est ainsi qu'il a retrouvé les noms de tous ces banquiers, marchands, artistes ou artisans, ministres du saint Évangile, médecins, imprimeurs, libraires, relieurs, etc. Les conclusions de l'auteur méritent toute notre attention ; on a dit, on a répété que l'expulsion des protestants, en révélant à l'étranger les secrets de notre industrie, avait porté un coup irréparable à la fabrication lyonnaise des étoffes de soie. M. Rondot conteste cette assertion, et s'appuie à cet égard sur le chiffre si peu élevé des protestants de notre ville à cette époque, quantité presque négligeable, puisque en 1685, elle ne dépassait guère, semble-t-il, un millier d'individus. Donc la révocation de l'édit de Nantes, si elle n'en reste pas moins la tache ineffaçable du règne de Louis XIV, n'a pu avoir, dans ce rayon restreint, les suites qu'on lui a attribuées. Certes, les historiens ne se sont pas trompés en signalant les trésors d'intelligence et de labeur que les protestants chassés de France ont dû porter au delà de nos frontières, mais ce qui peut s'appliquer à la fabrique de Tours, par exemple, a dû passer à peu près inaperçu à Lyon. On ne saurait valablement discuter avec M. Rondot, il faut se soumettre et de bonne grâce, car il n'affirme rien qu'il ne prouve.

C'est aussi à l'aide de sources inédites que M. Vachez imprime à ses travaux l'autorité dont ils jouissent. Un document extrait des archives de M. le comte de Sugny nous a valu une curieuse communication sur la somme réclamée à un Forézien pour sa part contributive aux frais qu'avait occasionnés l'envoi aux États généraux de 1614 d'un député, Jacques d'Urfé, le frère de l'auteur de l'*Astrée*. M. Vachez, développant cette donnée, nous a montré par d'autres exemples venus de Bourgogne que les électeurs d'alors connaissaient déjà le mandat

impératif, et ne craignaient pas, suivant les circonstances, de marchander le subside aux délégués qui n'avaient pas répondu à leur attente. On ne se pressait pas de les payer, ces législateurs du bon vieux temps, tarifés suivant leur rang, c'est vrai, mais aussi, paraît-il, suivant leurs œuvres. A méditer!

Voilà que sans m'en apercevoir je cotoie le terrain politique. Quittons-le bien vite et réfugions-nous sur celui du droit. Un maître dans l'art de le professer, M. Appleton, est venu nous exposer sa doctrine, avant tout respectueuse à l'égard de ce monument admirable qu'on appelle le droit romain. Son mémoire a paru dans une revue internationale, mais vous avez bénéficié d'une première lecture. Avec l'auteur vous avez regretté qu'en France cet enseignement aît été si longtemps circonscrit dans les bornes étroites et surannées d'un programme officiel. Comme lui, vous souhaitiez plus d'indépendance dans la méthode, les considérations historiques disparaissant devant l'analyse exclusive des textes, et vous avez retenu cette maxime que la liberté ne forme pas le couronnement de l'édifice, mais sa base même. C'est l'acheter trop cher pourtant, cette liberté tardive, que de lui sacrifier en partie le temps consacré à l'étude du droit romain. Pourquoi faut-il que les cours de nos modernes Facultés soient, dans cette direction, désormais imparfaits et mutilés? On a invoqué la nécessité de faire place à la théorie de la législation financière, de la législation coloniale. Soit! mais ceux qui veulent doter la France de vrais jurisconsultes, peuvent-ils cesser de mettre au premier plan ce chef-d'œuvre impérissable de l'esprit humain?

Je ne ferai qu'une rapide allusion à la séance publique qui a eu lieu cette année, je ne saurais rien ajouter aux souvenirs qu'elle a laissés. M. Bleton a développé avec un rare talent un sujet de choix, celui des Oraisons doctorales de la Saint-Thomas, ces tournois littéraires des siècles passés où l'élo-

quence lyonnaise s'efforçait de couler, tout empêtrée et embourbée qu'elle était encore dans les pompes adulatrices et les images prétentieuses. Mais il y a un vif intérêt à voir peu à peu se dégager la forme vraie de l'art oratoire et surgir, avec le XVIIIe siècle, les problèmes économiques qui passionnent la société moderne. M. Caillemer nous a entretenus le même jour de l'œuvre si vaste et si méritoire de notre savant et regretté collègue, Marie-Claude Guigue, à laquelle vous avez attribué le prix Chazière, pour la première fois décerné.

Je n'insisterai pas non plus sur les travaux des commissions Dupasquier, Lombard de Buffières et Clément Livet, puisque vous allez, Messieurs, entendre les rapports auxquels ces fondations ont donné lieu. A propos de la seconde, et sans vouloir déflorer ce sujet, qu'il me soit permis de remercier encore, au nom de l'Académie, M. Garin de la précieuse communication qu'il nous a faite au mois de février, relativement au sauvetage de l'enfance et au but que poursuit l'école d'apprentissage de Brignais. L'impression a été si vive que dès ce moment la plupart d'entre vous, Messieurs, songeaient déjà à décerner au digne aumônier de cette institution le prix que l'unanimité de vos suffrages n'a pas hésité à lui attribuer sans partage.

Le cadre de ce rapport a des limites que je crains d'avoir dépassées, et je me vois obligé de reléguer dans une note finale, sans doute incomplète, le catalogue de diverses publications signées par des membres de l'Académie, et qui ont vu le jour en 1891, nouvelles ou rééditées, isolément ou dans des recueils scientifiques, le tout en dehors de nos Mémoires. Vous voyez, Messieurs, que si les occupations professionnelles, le lieu de la résidence, l'âge ou la santé, éloignent parfois de nos séances plusieurs de nos collègues, aucun d'eux n'a perdu l'habitude de travailler et de produire, et à défaut du plaisir de les entendre, nous avons du moins celui de les lire. J'ai eu ainsi une surprise agréable un jour de

ce printemps en trouvant sur ma table un volume de M. Théodore Aynard, intitulé : *Souvenirs historiques et quelques autres des personnes que j'ai vues de 1812 à 1890*. M. Aynard a beaucoup observé; la finesse de ses aperçus, sans exclure la bienveillance, donne un charme particulier à ce livre; et quand on est, comme moi, à peine séparé du début de ce temps-là par une seule génération, on jouit doublement de voir hommes et choses revivre sous une plume enjouée au service d'une mémoire fidèle. Enfin, Messieurs, j'ai bien le droit de mentionner les distinctions dont quelques-uns de nos confrères ont été l'objet : M. Beaune a été nommé membre associé étranger de l'Académie royale des Sciences morales et politiques d'Espagne, et nous savons depuis ce matin seulement qu'à l'unanimité l'Académie des Sciences vient de décerner le grand prix de physiologie, prix La Caze, à M. Arloing, correspondant de l'Institut.

J'en arrive, Messieurs, à la partie douloureuse de ma tâche, au devoir de compter les vides creusés dans votre sein depuis le commencement de l'année.

Il en est que la mort oublie, s'écriait Soulary il y a quelque vingt ans; la mort s'est souvenue de lui le 28 mars dernier, elle l'a trouvé, comme il l'avait prédit, la lèvre sereine et le front hautain.

Il fait bon partir, sa tâche remplie.

C'est bien là le testament de l'homme certain de n'avoir point failli à la noble mission que lui dictaient ses hautes facultés. Dans le domaine idéal de la poésie il prétendait n'avoir obtenu qu'un arpent, quels fruits n'a-t-il pas tirés de son lot, ce poète *exquis,* suivant l'épithète récemment employée par celui-là même des critiques dont Soulary croyait avoir eu le plus à se plaindre. Peut-être cette nature de sensitive s'exagérait-elle la portée des blessures faites alors à son

amour-propre, mais on ne discute pas avec le *genus irritabile vatum*. Il est temps, ce me semble, de clore à jamais la polémique qui a suivi cet épisode déjà lointain. Soulary relève maintenant du tribunal de la postérité; l'arrêt définitif peut être attendu avec confiance.

Sur les vieux murs du palais Dario à Venise, je me souviens d'avoir déchiffré ces mots noircis par le temps :

Urbis genio Johannes Darius.

Ainsi, le noble Vénitien, en faisant bâtir son élégante demeure, la dédiait au génie de la cité. C'est bien au génie de sa ville natale que Soulary, ce patricien de lettres, avait eu le droit d'offrir son œuvre ciselée et fouillée. Sa vie entière, vie de labeur et de rêverie, s'était écoulée sous les regards souvent charmés, parfois distraits, de ses concitoyens; il travaillait pour Lyon, aujourd'hui Lyon travaille pour lui. Des palmes ombragent sa tombe, des hommages ont salué son buste, une souscription vraiment populaire lui prépare un monument digne de lui; l'extrême division des offrandes atteste la spontanéité autant que la collectivité des intentions et rachète, dans son entraînement, l'apparente indifférence dont les vieux jours du poète avaient pu s'attrister.

Le 11 mai nous avons rendu les derniers devoirs à notre doyen, M. Valentin-Smith. Tout est à louer dans cette longue vie : l'économiste sans cesse préoccupé des grands problèmes sociaux, et résumant ses méditations dans des travaux qui resteront, le magistrat éminent, connaissant les hommes et sachant les peindre, l'archéologue distingué, le savant avide de mettre au jour les sources historiques du petit pays qui vénère sa mémoire; il nous sera toujours cher, ce nom que tant de bienveillance et de grâce recommandent à nos souvenirs.

Meissonier, une des gloires de la France, nous appartenait

à titre de membre associé; peut-être ne s'est-il pas suffisamment rappelé son origine lyonnaise que sa cité natale n'aura garde d'oublier.

Deux de nos correspondants ont disparu : l'histoire de nos contrées doit beaucoup à M. Jules Baux, l'archiviste érudit qui a signé de si intéressantes publications sur le département de l'Ain, telles que ses recherches sur l'église de Brou et l'histoire de la réunion de la Bresse et du Bugey à la France. M. Édouard Flouest, magistrat distingué, avait vu sa carrière prématurément et injustement brisée; il s'en consolait par des travaux d'archéologie préhistorique, gauloise et gallo-romaine, auxquels la Société des Antiquaires de France donnait un accueil empressé.

Au mois de juin, vos suffrages ont décerné le titre de correspondant à M. le Dr Bouillet, de Béziers, bien connu dans le monde scientifique par ses travaux sur l'étiologie de l'érysipèle et sur la gangrène des membres, auteur également d'un remarquable Précis de l'histoire de la médecine. En même temps, vous vous êtes créé un lien semblable avec M. le baron Hermann de Buffières, qui a présidé avec tant de distinction l'Académie de Mâcon et le centenaire de Lamartine. Vous avez tenu, Messieurs, à resserrer ainsi les nœuds qui vous unissent à la plus voisine de nos Académies provinciales, à cette Société sœur qui s'est montrée si flatteusement hospitalière pour notre Compagnie lors de ces mémorables fêtes; vous êtes heureux de voir figurer dans le catalogue de vos membres ce nom de Lombard de Buffières, attaché à l'une de vos principales fondations, et que vous entendez prononcer chaque année avec un sentiment de sympathie et de reconnaissance.

Dans une de vos récentes séances, vous avez conféré l'éméritat à MM. Guimet et Clair Tisseur, retenus le plus souvent hors de Lyon, mais vous avez exprimé simultanément le vœu

que cette inscription parmi nos vétérans ne ralentît point les tributs littéraires auxquels l'un et l'autre vous ont habitués. Par retour du courrier, M. Tisseur nous envoyait une spirituelle et instructive notice sur le peintre Jean-Michel Grobon, le véritable fondateur de l'école lyonnaise du commencement de ce siècle, une sorte de Meissonier du paysage, précis sans sécheresse, interprète poétique et fidèle à la fois des monuments et de la nature, un Lyonnais amoureux de Lyon, « à qui Lyon a suffi ». Espérons que la retraite où se renferme l'ermite de Nyons nous vaudra souvent de pareilles aubaines.

Le siège de M. Guimet, devenu disponible, est occupé depuis quelques jours par M. le Dr Coutagne, qui s'est fait un nom dans le monde artistique de notre ville, et comme virtuose et comme compositeur; vous avez appris, Messieurs, à connaître en outre le critique musical. M. Coutagne s'est rendu à Bayreuth l'été dernier et vous a fait part de ses impressions; des aperçus ingénieux, marqués au coin d'un goût élevé, ont donné une saveur particulière aux récits de l'auteur; la féconde production de Wagner, les procédés du maître, ses tendances si énergiquement poursuivies, tout cela s'est déroulé sous vos yeux, enrichi de commentaires qui montrent la sûreté des vues autant que la haute compétence de notre nouveau collègue.

On a dit de Rossini que par lui l'Italie avait régné une fois de plus sur le monde. Mais cette sorte de souveraineté, quelle nation l'a jamais exercée autant que l'Allemagne la possède actuellement de par le seul nom de Wagner? C'est une manière de culte auquel la mode ne paraît pas étrangère, un fétichisme croissant dont les pontifes les plus fidèles, les plus intransigeants, ne sont pas au delà des Vosges. Reconnaissons d'ailleurs le propre du caractère français de ne savoir modérer ni les ardeurs de ses enthousiasmes, ni les réactions du lendemain.

Certes, le génie de Wagner n'est plus à discuter. Quand on pense au chemin parcouru par son œuvre, quand on mesure la distance qui la séparait des scènes françaises depuis qu'un fleuve de sang a divisé les deux peuples voisins, la réalité paraît invraisemblable, on se demande avec stupeur comment l'auteur, si indignement bafoué par les Parisiens de 1861, a finalement éclipsé ses rivaux, vaincu ses ennemis, et règne acclamé et triomphant. En face de François Ier ramassant les pinceaux du Titien, l'histoire, recueillant les fastes de Bayreuth, montrera d'un côté le vieil empereur, empressé, lui aussi, de rendre hommage à l'une des manifestations les plus élevées de l'art germanique, de l'autre, et pour compléter le tableau, Wagner allant saluer à son arrivée le nouveau César qui se déplaçait pour lui.

Mais quelle que soit notre admiration, avons-nous le droit de brûler ce que nous avons adoré ? N'est-ce pas une injustice que d'attribuer au seul Wagner la révolution musicale qui cherche avant tout l'expression vraie et dépouillée d'ornements parasites ? La tradition de Gluck n'a-t-elle pas été reprise par Meyerbeer avec des trésors de sensibilité émue et d'inspiration grandiose, qu'à ce degré aucun musicien, pas même Mozart, ni Rossini, ne semble avoir possédés ? Améric Vespuce ne saurait effacer la gloire de Christophe Colomb.

Le problème est posé, il faut, avant de juger Wagner, le connaître davantage, et, pour beaucoup de Français, faire connaissance avec lui. On verra bien, quand l'épreuve d'une ou deux générations aura permis de mieux sonder les profondeurs, voire même les obscurités de ce qu'on appelle la musique de l'avenir. Si contrairement à notre attente, l'aile du temps frappait d'une irrémédiable caducité les chefs-d'œuvre qu'aucuns déjà cherchent à démolir, la fragilité de nos impressions ne ferait-elle pas éclore une sorte de scepticisme musical vis-à-vis de ce temple où aucun dieu n'aurait pu se tenir

debout, et peut-être trouverait-on la peinture bien mieux partagée, alors que l'admiration de la postérité ne se marchande pas quand elle va de Rembrandt à Greuze ou de Van Eyck à Murillo.

Je touche, Messieurs, à la fin de ce trop long rapport. Si j'ai abusé de vos instants, n'accusez que la richesse de votre œuvre. Appelé à la décrire, j'aurais voulu ne pas être un profane pour la plupart des questions qui se sont succédé sous ma plume. Certes, en me décernant cette année l'honneur de vous présider, votre bienveillance n'avait pas mesuré mes forces; vous saviez, il est vrai, que j'aurais pour m'aider le concours de mon éminent collègue de la classe des Sciences. A lui tous mes remercîments, ainsi qu'à nos deux secrétaires généraux, si autorisés et si vigilants, sans oublier M. Perrin, le modèle des trésoriers, ni M. Saint-Lager, le plus complaisant des bibliothécaires. Avec eux et par eux, ma tâche ne pouvait être que bien simplifiée. Je ne me dissimule pas toutefois, en déposant mes pouvoirs, que ces honneurs présidentiels, je les ai dûs à la date relativement ancienne où l'Académie de Lyon m'avait ouvert ses rangs. Il y a plus de trente ans que vos prédécesseurs, je me sers avec intention de ce terme, moi presque votre doyen, avaient ainsi cherché à encourager des études toutes spéciales auxquelles je n'ai pu, hélas ! consacrer qu'une part bien restreinte de ma vie. Mais s'il ne m'a pas été donné de mieux répondre à cette sorte d'appel venu d'une génération qui s'éteint, que de compensations pour moi, Messieurs, dans le sein de cette assemblée, où je ne compte pas seulement des collègues, où j'ai trouvé de si douces sympathies, de si précieuses amitiés ! N'est-ce pas le meilleur des privilèges académiques que celui de pouvoir chaque semaine se retremper ainsi *procul negotiis* dans un milieu où les lois éternelles du monde intellectuel et moral sont l'objectif incessamment poursuivi ?

Voici la nomenclature annoncée p. 20; je répète qu'elle doit offrir bien des lacunes :

S. Arloing. — Les virus, in-8°, Paris.

Des relations fonctionnelles du sympathique cervical avec l'évolution de l'épiderme et les glandes *(Archives de physiologie).*

Nouvelle contribution à l'étude de la partie cervicale du grand sympathique envisagée comme nerf sécrétoire dans les animaux solipèdes *(Archives de physiologie).*

Rapport sur un projet d'amélioration et d'extension du service des eaux de la ville de Lyon *(Revue d'hygiène).*

De la tuberculose des animaux au point de vue de l'hygiène alimentaire (lecture faite au Congrès pour l'étude de la tuberculose, tenu à Paris en 1891).

De l'influence des produits de culture du staphylocoque doré sur le système nerveux vaso-dilatateur et sur la formation du pus (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris).*

H. Beaune. — Fragments de critique et d'histoire, in-8°, Paris.

La souveraineté, conférence faite à Saint-Étienne, broch. in-8°

Les cultes et les sépultures dans le Code des lois administratives annotées de Dalloz, in-4°, Paris.

J. Bonnel. — Les globes célestes, in-8°, Tours.

E. Charvériat. — Louis XIII et Richelieu. La méthode de Richelieu, ses soucis, sa puissance, 1629-1630 (extrait de la *Revue du Lyonnais*).

A. Chauveau. — Le travail musculaire et l'énergie qu'il représente, in-8°, Paris.

Du même auteur *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris) :*

Sur la transformation des virus à propos des relations qui existent entre la vaccine et la variole.

Sur la fusion des sensations chromatiques perçues isolément par chacun des deux yeux.

Sur les sensations chromatiques excitées dans l'un des deux yeux par la lumière colorée qui éclaire la rétine de l'autre œil.

Sur la théorie de l'antagonisme des champs visuels.

Instrumentation pour l'exécution des diverses expériences relatives à l'étude du contraste binoculaire.

Chanoine U. Chevalier. — Cartulaire de l'abbaye de Saint-Chaffre du Monastier et chronique de Saint-Pierre du Puy.

Cartulaire du prieuré de Paray-le-Monial et visites de l'ordre de Cluny.

Codex diplomaticus ordinis Sancti Rufi Valentiæ, 1re livraison du tome neuvième de la collection des cartulaires dauphinois.

Le bréviaire romain et sa dernière édition type (extrait de l'*Université catholique*, revue mensuelle des Facultés catholiques de Lyon).

Souvenirs d'une excursion archéologique en Espagne (extrait du même recueil).

A. Locard. — Recueil des espèces françaises appartenant aux genres pseudonodonta et anodonta.

Note sur les coquilles terrestres de la faune quaternaire de la Baume d'Hostun (Drôme).

P. Rougier. — L'Économie politique à Lyon, 1750-1890, étude précédée d'une lettre de M. Auguste Isaac, président de la Société d'économie politique et d'économie sociale de Lyon.

H. Sicard. — L'évolution sexuelle dans l'espèce humaine.

Comte de Sparre. — Sur le pendule de Foucault (extrait des *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 14e année).

Sur le mouvement des projectiles dans l'air (même recueil).

C. Tisseur. — Les vieilleries lyonnaises, 2e édition.

Dans la *Revue du siècle:* Le Gourguillon. — Le menuisier Bernard. — Les Lyonnais oubliés : Claudius Hébrard. — Le prince des Négociants. — Le peintre Granet et Lyon, deux articles. — L'Olive, poésie. — Gœthe et l'Italie, deux articles. — Un épisode de l'enfance de Soulary. — Ernest Falconnet. — Gaspard Bellin. — Édouard Aynard. — Pierre Bonirote. — Les trente années de service du capitaine Legrot. — L'inspiration populaire. — Trois contes esthoniens.

Dans la *Revue du Lyonnais :* Fragments en patois du Lyonnais.

A. Vachez. — Histoire de l'acquisition des terres nobles par les roturiers dans les provinces du Lyonnais, Forez et Beaujolais, du XIIIe au XVIe siècle.

Citons encore :

Le troisième volume de l'histoire de la littérature allemande par M. Heinrich, notre éminent secrétaire, dont l'Académie porte encore le deuil.

Je termine en mentionnant, avec les éloges qui lui sont dus, le charmant ouvrage de M. Josse intitulé : Aux environs de Lyon. Les mérites de M. Auguste Bleton dont les succès répétés ont rendu le pseudonyme en quelque sorte populaire, ne doivent pas faire oublier le nom de M. Joannès Drevet, l'artiste qui a enrichi ce joli volume de ses élégantes compositions.

SUR LES PRINCIPES

QUI ONT PERMIS

LA TRANSFORMATION DES ARMES A FEU

PENDANT CES DERNIÈRES ANNÉES

DISCOURS DE RÉCEPTION

A L'ACADÉMIE DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS DE LYON

Prononcé dans la séance publique du 23 février 1892

PAR

M. le Comte de SPARRE

Messieurs,

Lorsqu'on compare les armes à feu actuelles avec ce qu'elles étaient, non point au début, époque où l'on regardait les arbalètes comme portant plus loin que les canons, ni même trois siècles plus tard, lorsque Vauban traçait ses fortifications en comptant sur une portée d'artillerie de 1,200 mètres et de mousquetsrie de 200, mais simplement il y a une trentaine d'années, on est réellement surpris des progrès immenses réalisés dans un espace de temps aussi court.

Ces progrès sont en effet certainement plus considérables, que tous ceux qui avaient été obtenus jusque-là, depuis la première apparition de la poudre sur les champs de bataille.

Il y a trente-cinq ans, pour les canons, le dernier mot de l'artillerie était le mortier à plaque de la marine et l'obusier

de 22 centimètres dont le souvenir et les exploits sont restés si chers aux cœurs de vieux artilleurs.

Or, ces deux pièces portaient péniblement à 3,000 mètres, et à cette distance, la justesse du tir était si faible, surtout pour la seconde, dont les inconstances étaient devenues proverbiales, que l'on peut dire qu'elles atteignaient parfois le but, mais plus par l'effet du hasard que grâce à l'adresse du pointeur.

Aujourd'hui, les portées de l'artillerie moderne dépassent 20 kilomètres, et à ces distances, sa justesse est bien supérieure à ce qu'était à 1,000 ou 2,000 mètres celle de l'ancienne.

Pour les armes à feu portatives, il y a trente-cinq ans on en était à peu de chose près, si l'on en excepte les carabines des chasseurs suisses et tyroliens, à la portée de 200 mètres admise par Vauban. A l'heure présente, la portée a été à peu près décuplée et la justesse presque centuplée.

En présence de ce changement si considérable, j'ai pensé qu'il ne serait pas dépourvu d'intérêt de jeter un coup d'œil d'ensemble sur les principes dont l'application a permis de l'obtenir progressivement sans doute, mais en fin de compte, dans un temps relativement assez court.

Constatons toutefois, avant d'aller plus loin, l'accroissement formidable de dépenses que ces transformations entraînent d'autre part pour le budget des états modernes.

Il y a cinquante ans, un canon du plus gros calibre coûtait 10,000 fr. et son chargement ne revenait pas à 30 fr. Actuellement, on fait des canons d'un million dont chaque coup occasionne à l'État une dépense de 5,000 fr. au moins, et ces dernières années, l'Angleterre payait 500,000 fr. pour 400 obus d'acier, soit 1,250 fr. par obus (1).

(1) Les agents explosifs, par M. Aimé Witz. *Revue des questions scientifiques*, 1887.

D'autre part, pour résister à l'artillerie moderne, la progression dans les dépenses des fortifications et des navires de guerre a suivi une marche parallèle.

L'ingénieur éminent dont vous m'avez appelé à prendre la place au milieu de vous a eu plusieurs fois l'occasion de vous entretenir, dans ses communications sur « les torpilles et les torpilleurs, — les plaques d'acier chrome, — les progrès récents dans l'art des constructions navales », de cette lutte entre le canon et la cuirasse, lutte qui se fait surtout à coups de millions, et dont je n'ai pas à vous retracer à nouveau les péripéties, après M. Gallon, que sa haute compétence a fait appeler comme directeur des constructions navales dans un de de nos principaux ports de guerre; qu'il me suffise d'ajouter que ces énormes dépenses ont un caractère non pas transitoire, mais au lieu de cela permanent. En effet, l'armement de l'heure présente sera complètement à refaire avant vingt, peut-être avant dix ans, car nous verrons que les progrès réalisés jusqu'à ce jour, pour énormes qu'ils soient, laissent encore la marge assez grande pour ceux de l'avenir.

Après ces quelques mots sur un côté de la question, un peu étranger à mon sujet, je reviens à l'examen des circonstances qui ont permis la transformation des armes à feu.

Pour s'en rendre bien compte, il convient d'examiner les différentes faces du problème balistique, les imperfections que présentait sa solution ancienne, les perfectionnements considérables qui lui ont été apportés de nos jours, et enfin les desiderata qu'il reste encore à combler pour que cette solution soit complètement satisfaisante.

Si, laissant pour l'instant de côté les armes portatives, nous ne nous occupons d'abord que de l'artillerie proprement dite, le problème balistique comprendra trois éléments ; l'arme elle-même, la poudre et le projectile.

Pour l'arme, les anciens canons étaient à âme lisse et le plus souvent en bronze.

Le bronze est un métal qui présente, au point de vue des chances d'éclatement, une sécurité presque absolue, parce que ce métal subit des déformations permanentes bien avant de se rompre, mais en revanche, les tensions auxquelles on peut pratiquement le soumettre, dans les canons, sont à peine le tiers de celle que peut supporter l'acier, métal de presque tous les canons actuels; de là, première cause de supériorité pour ces derniers.

On est arrivé ensuite à augmenter encore la résistance des bouches à feu en acier au moyen du frettage, procédé auquel ne se seraient pas prêtées les bouches à feu en bronze.

Pour faire comprendre le rôle du frettage, quelques explications seront peut-être nécessaires.

Lorsqu'une barre d'un métal est soumise à une tension déterminée, et qu'on supprime ensuite cette tension, la barre reprend sensiblement sa longueur primitive tant que la tension n'a pas dépassé une certaine limite, qui a reçu le nom de limite d'élasticité; mais si on dépasse cette limite, la barre ne reviendra pas à sa longueur primitive, elle aura subi un allongement permanent.

Or, dans une bouche à feu, toutes les parties du métal sont loin de travailler de la même manière, la tension du métal décroît constamment des parois de l'âme (on nomme ainsi le vide intérieur de la pièce) à la surface externe, et ce qu'il faut pour la bonne résistance du canon, c'est que les parties du métal les plus tendues, c'est-à-dire celles situées à la surface de l'âme, n'éprouvent jamais de déformations permanentes.

Il résulte d'abord de là qu'on ne peut augmenter indéfiniment la résistance d'une bouche à feu, en augmentant sans limite son épaisseur. En effet, si une pression très grande ne saurait faire éclater du premier coup un canon d'épaisseur indéfinie, elle arriverait cependant à faire travailler le métal de la paroi interne à une tension telle, qu'il ne pourrait résis-

ter. Il se produirait alors des fissures à cette paroi interne, fissures qui iraient en augmentant à chaque coup et finiraient par amener la désorganisation complète de la surface de l'âme.

Ceci dit, on appelle frettes des tubes ou cercles que l'on place sur la surface externe de la bouche à feu, et le frettage a pour but de faire travailler à la limite de l'élasticité, non seulement la paroi interne de la bouche à feu, mais aussi les parois internes des frettes.

Pour cela, ces frettes ont un diamètre interne un peu plus faible que celui de la partie de la bouche à feu sur laquelle on doit les placer, soit à chaud, soit au moyen de la presse hydraulique. Il en résulte un serrage exercé par la frette sur la surface externe de la bouche à feu, et ce serrage est calculé de telle façon que, lorsque le canon se dilate par suite de la déflagration de la poudre, la partie interne de la frette arrive à travailler avec une tension précisément égale à la limite d'élasticité.

Il semble donc à première vue que, par l'adjonction de frettes successives, dont les surfaces internes travailleraient toutes à la limite d'élasticité, au moment de la déflagration de la charge, on puisse augmenter indéfiniment la résistance d'un canon.

Il n'en est toutefois rien, par cette raison qu'au repos les frettes exercent sur le canon une compression, dont l'effet est maximum à la surface de l'âme. Or, il y a une limite à la compression que l'on peut faire subir au métal, et, par suite, le nombre et le serrage des frettes devront être tels, qu'au repos la compression à la surface de l'âme ne dépasse pas cette limite.

On voit donc que pour un canon fretté aussi bien que pour un canon simple, il y a avec un métal donné une limite pour la pression interne qu'il peut supporter, limite que l'on ne

saurait franchir quels que soient l'épaisseur et le mode de construction du canon. Cette limite est toutefois plus élevée pour un canon fretté que pour un canon simple.

En résumé, pour la résistance des canons, on a réalisé un grand progrès par la substitution de l'acier au bronze et par le frettage des canons d'acier; il semble même que l'on ait obtenu tout ce que l'on pouvait espérer de ce côté, avec les métaux dont on dispose pratiquement à l'heure présente, et que seule la découverte d'un nouveau métal ou d'un nouvel alliage permettrait de faire dans ce sens un pas de plus en avant.

Disons d'ailleurs que les dangers d'éclatement, qui étaient autrefois beaucoup plus grands pour les canons d'acier que pour ceux de bronze, ont presque entièrement disparu par suite des grands progrès réalisés dans la fabrication de l'acier.

Nous avons dit qu'un autre point qui distinguait les nouveaux canons des anciens, c'était la rayure; mais nous aurons à revenir sur cette question, lorsque nous parlerons du projectile; laissons-la donc pour l'instant de côté, et passons à l'étude de l'agent employé pour communiquer sa vitesse au projectile.

Cet agent a reçu le nom de poudre, et quelle que soit la poudre employée, c'est toujours un explosif susceptible de développer par sa déflagration en vase clos une pression énorme, et qui renferme sous un faible poids et un petit volume une somme d'énergie excessivement considérable emmagasinée à l'état potentiel.

On ne se rend généralement pas bien compte de la somme formidable d'énergie emmagasinée dans une charge de poudre; pour en donner une idée, qu'il me suffise de dire qu'une charge de poudre de 430 kilogrammes transforme en travail 300,000,000 de calories, elle développe donc un travail d'environ 128 milliards de kilogrammètres, c'est-à-dire de quoi

faire marcher pendant un an une machine à vapeur de 100 chevaux (1).

On voit par là quelle merveilleuse source d'énergie est la poudre, mais son inconvénient est de fournir cette énergie surtout au commencement de l'explosion, de telle sorte que la pression dans l'âme, énorme au début, est déjà fort réduite lorsque le projectile quitte la bouche à feu.

On conçoit que ce fait constitue un inconvénient très grave de la poudre; car, pour que le canon puisse résister, il faut qu'à un instant quelconque la pression à l'intérieur ne dépasse pas une certaine limite, on ne pourra donc prendre pour la charge que le poids de poudre qui développera cette pression. Or, d'après ce que nous venons de dire, ce poids de poudre ne développera cette pression maxima que pendant un instant très court, et la vitesse obtenue ne sera par suite qu'une fraction assez faible de celle qui aurait été atteinte si la pression maxima avait pu être maintenue jusqu'au moment où le projectile quitte l'âme de la pièce.

Disons maintenant quelle est la principale cause de ce défaut et quels sont les moyens auxquels on a eu recours dans les poudres nouvelles pour l'atténuer dans la mesure du possible.

Dans l'ancienne poudre, les grains étaient sensiblement sphériques; or, on sait que la surface d'une sphère est proportionnelle au carré de son rayon, d'ailleurs, comme pour une pression donnée, la quantité de gaz émise par un grain est proportionnelle à sa surface, cette quantité de gaz émise est donc proportionnelle au carré du rayon du grain, elle diminue par suite très rapidement à mesure que le rayon du grain se réduit par la combustion.

D'autre part, le volume occupé par les gaz de la poudre dans

(1) *Les agents explosifs*, par Aimé Witz.

l'âme va toujours en augmentant par suite du déplacement du projectile et, comme d'après ce que nous venons de dire avec les poudres à graines sphériques, la quantité de gaz émise devient très faible une fois les premiers instants passés, on voit que la pression très considérable au début est très diminuée lorsque le projectile atteint la bouche de la pièce.

Dans certaines poudres modernes, pour remédier à l'inconvénient dont nous venons de parler, au lieu de conserver au grain sa forme sphérique, on lui donne celle de tables ou de grains très aplatis, de telle sorte que son épaisseur soit une faible fraction de ses autres dimensions. Par suite de cette forme, le grain se brûle par couches parallèles, et sa surface restant à peu de chose près constante, il en est de même de la quantité de gaz émise, sous une pression donnée, quel que soit l'instant de la combustion que l'on considère.

On a aussi diminué la vitesse de combustion de la poudre par des changements, soit dans sa composition, soit dans son mode de fabrication, et par là, on a réduit la pression qui se développe aux premiers instants.

Ces poudres, qui développent une pression maxima plus faible, mais la soutiennent plus longtemps, ont reçu le nom de poudres progressives, leur emploi a permis de communiquer aux projectiles des canons actuels, sans dépasser la pression maxima que ces canons peuvent supporter, une vitesse bien plus grande que celle que l'on aurait pu obtenir avec l'ancienne poudre à grains sphériques.

Il est à remarquer que la question des poudres progressives est d'autant plus importante qu'il s'agit d'un canon de plus gros calibre.

En effet, il résulte d'un théorème bien connu de mécanique que le travail nécessaire pour communiquer une vitesse déterminée à un projectile est égal à sa demi-force vive, c'est-à-dire à la moitié du produit de sa masse par le carré de sa vitesse à la sortie de l'âme.

Or, si on considère deux projectiles semblables, mais de calibres différents, les masses de ces projectiles seront proportionnelles aux cubes des calibres. Si, par exemple, le calibre du plus gros est triple de celui du plus petit, la masse du premier sera vingt-sept fois celle du second; donc, pour communiquer la même vitesse à ces deux projectiles, le travail sera vingt-sept fois plus considérable pour le gros projectile que pour le petit.

D'autre part, la force motrice qui communique au projectile sa vitesse, c'est la pression sur le culot, pression qui sera proportionnelle au carré du calibre, si la pression rapportée à l'unité de surface est la même dans les deux cas. Donc, la force motrice pour le gros projectile sera seulement neuf fois plus grande que pour le petit, et pour que les deux projectiles aient la même vitesse initiale, il faudrait pouvoir faire agir la pression pendant un parcours trois fois plus long sur le gros projectile que sur le petit.

De là nécessité de maintenir la pression dans le gros canon plus longtemps voisine de son maximum que dans le petit et, par suite, d'employer une poudre plus progressive.

Toutefois, il est à remarquer que les poudres les plus progressives obtenues jusqu'à ce jour sont bien loin de maintenir une pression constante pendant toute la durée du parcours du projectile dans l'âme, et il en résulte qu'il est beaucoup plus difficile de réaliser une très grande vitesse initiale avec un gros calibre qu'avec un petit, si leurs projectiles ont des formes à peu près semblables. On cherche pour cette raison à donner aux gros calibres, par l'emploi des frettes, le maximum de résistance que l'on puisse obtenir avec le métal dont on dispose ; mais malgré cela, on ne peut atteindre pour eux les vitesses initiales qu'on réalise par exemple dans les armes portatives.

Ce que nous venons de dire fait aussi comprendre l'impos-

sibilité d'avoir une même poudre pour tous les canons, puisque dans ceux de gros calibres, elle doit émettre des gaz pendant un temps bien plus long que dans ceux de petit calibre, en un mot, la poudre doit être appropriée au canon, et si l'on change le canon, on doit changer la poudre et réciproquement.

Nous venons de voir que la poudre idéale serait celle qui développerait constamment dans la bouche à feu, depuis le départ du projectile jusqu'à sa sortie de l'âme une pression constante égale à la pression maxima que peut supporter la bouche à feu, car cette poudre réaliserait le travail maximum, et par suite aussi la vitesse initiale maxima qui puisse être obtenue avec le métal dont est formé le canon.

Toutefois, à l'heure présente, malgré les grands progrès réalisés pour les poudres, on est encore bien loin de cet idéal, et on est par suite conduit à se poser cette question : ne pourrait-on remplacer la poudre par un autre agent dont l'action se rapprocherait davantage du desiderata énoncé plus haut?

Il semble en effet, à première vue, que l'air comprimé ou un gaz liquéfié permettraient de maintenir dans l'âme une pression à très peu près constante pendant tout le parcours du projectile à l'intérieur de la pièce, aussi cette idée a-t-elle inspiré un certain nombre d'inventeurs.

Cependant, un examen plus complet de la question va nous faire voir que ces agents de propulsion ne sauraient être admis d'une façon générale, pour les armes de guerre et que, quoique les poudres actuelles soient encore loin d'être parfaites, elles leur sont cependant de beaucoup et incontestablement supérieures.

Parmi les agents que l'on pourrait employer comme moyen de propulsion des projectiles, il n'y en a guère que trois, en dehors de la poudre, dont il y ait lieu de parler : l'air comprimé, l'acide carbonique liquide, la vapeur d'eau.

Nous allons les passer successivement en revue.

D'abord, pour l'air comprimé, on devra pour l'amener à la pression voulue dépenser un travail qui sera au moins triple de celui qu'il est destiné à communiquer au projectile.

En effet, d'une part, en comprimant l'air à une haute pression, on perdra une partie considérable du travail dépensé, tant à cause des frottements et des résistances passives de toute nature, qu'à cause de l'élévation de température de l'air, due à la compression, élévation de température qui se dissipe ensuite, pour la majeure partie, en pure perte.

D'autre part, on aura pendant la détente une nouvelle perte de travail, perte qui sera d'autant plus sensible que cette détente doit s'opérer très rapidement, ce qui augmente dans une large mesure les chocs et les frottements, sans compter que la détente de l'air est accompagnée d'un abaissement considérable de température, qui diminue beaucoup la force élastique de ce fluide. On pourrait, il est vrai, atténuer dans une assez large mesure ce dernier inconvénient en saturant pendant la compression l'air de vapeur d'eau. Cette vapeur se condenserait pendant la détente en cédant sa chaleur latente au fluide ambiant, et elle empêcherait par suite sa température de s'abaisser autant.

Malgré cela, il est certain qu'en évaluant le travail utile transmis au projectile au tiers du travail moteur dépensé, on admet un rendement plutôt au-dessus qu'au-dessous de la vérité.

Or, si nous considérons par exemple le canon italien de 100 tonnes, dont le projectile pèse 1,000 kilogrammes et a une vitesse initiale de 450 mètres, sa force vive à la sortie de la bouche à feu aura absorbé un travail sensiblement égal à 10,325,000 kilogrammètres, et d'après ce que nous venons de dire, le travail moteur consommé pour produire ce travail utile ne serait pas inférieur à 30,975,000 kilogrammètres.

Pour bien se rendre compte de l'importance de ce travail, remarquons qu'une machine de la force de 100 chevaux devrait marcher pendant 1 heure 9 minutes environ pour le développer, et que si l'on voulait être en mesure de tirer un coup de canon par minute, il faudrait une machine de la force de 6,880 chevaux environ pour suffire au travail de la compression de l'air destiné au service de ce seul canon. Pour un navire portant quatre canons semblables, il faudrait pour leur service une machine de 27,500 chevaux, beaucoup plus puissante que celle destinée à mettre en mouvement le navire lui-même.

On arriverait à des résultats semblables pour les armes à feu de petit calibre. On verrait, par exemple, que pour être en mesure de faire tirer trois coups par minute à un fusil du calibre de 7 millimètres et demi, lançant un projectile de 15 grammes avec une vitesse de 600 mètres, il faudrait avoir pour une troupe de 1,000 hommes une machine à vapeur de la force de 550 chevaux, qui ne serait pas précisément portative en campagne.

On voit donc qu'on ne peut songer utilement à remplacer la poudre par l'air comprimé, d'autant plus que le rendement du tiers que j'ai admis ne serait très probablement pas atteint.

D'ailleurs, disposerait-on de la force nécessaire à la compression de l'air, une autre raison s'opposerait encore d'une façon presque aussi péremptoire à l'emploi de cet agent de propulsion : c'est la longueur absolument inacceptable que l'on serait obligé de donner aux armes pour obtenir des vitesses égales à celles que l'on atteint avec la poudre.

On ne saurait en effet employer l'air comprimé sous une pression comparable à celle que développent les gaz de la poudre au moment de l'explosion, pression qui atteint de 1,000 à 2,000 atmosphères. On peut dire que l'on ne pourrait pratiquement donner à l'air une tension de plus de

100 atmosphères, tant à cause de la difficulté de comprimer l'air sous une pression plus élevée, qu'à cause de la résistance excessive que l'on serait obligé de donner aux réservoirs d'air, très probablement on n'atteindrait même pas cette limite.

Considérons maintenant le canon de 100 tonnes. Son projectile, lorsqu'il quitte la pièce avec une vitesse initiale de 450 mètres, a absorbé, d'après ce que nous avons dit, un travail de 10,325,000 kilogrammètres environ; or, la force motrice qui a dû développer ce travail, c'est la pression sur le culot du projectile. Le calibre du canon étant de 446 millimètres pour une tension de 100 atmosphères, cette pression serait de 159,800 kilogrammètres, et pour développer le travail indiqué plus haut, elle aurait dû agir pendant un parcours de 64 m. 60 cent., et cela, en négligeant complètement les frottements et les pertes de tension pendant la détente; or, une longueur de canon de plus de 64 mètres serait positivement peu acceptable, même sur un navire ou dans une place forte.

On arriverait encore à un résultat semblable pour les armes portatives, on verrait par exemple que pour obtenir avec une tension de 100 atmosphères une vitesse initiale de 600 mètres dans un fusil du calibre de 7 millimètres et demi, lançant une balle du poids de 15 grammes, on serait obligé de donner à ce fusil une longueur de 6 m. 10 cent., ce qui ne le rendrait pas très portatif, et il faut noter de plus que ce résultat obtenu en négligeant les frottements et la perte de tension pendant la détente, serait encore bien au-dessous de la vérité.

La dernière raison que nous venons d'indiquer comme s'opposant à l'emploi de l'air comprimé, à titre d'agent de propulsion des projectiles s'oppose à plus forte raison encore à l'emploi de l'acide carbonique liquide. En effet, la tension de ce liquide à 15° n'est que d'environ 50 atmosphères.

de sorte que les longueurs de canons indiquées plus haut, et déjà inadmissibles, devraient encore être doublées. On arriverait ainsi, pour avoir des résultats comparables à ceux obtenus avec la poudre, à donner au canon de 100 tonnes une longueur de 128 mètres et au fusil de 7 millimètres et demi une longueur de plus de 12 mètres. Ces chiffres suffisent pour mettre en évidence l'étrange illusion de ceux qui penseraient pouvoir remplacer la poudre par l'acide carbonique liquide dans les armes de guerre.

D'ailleurs, une autre cause s'oppose d'une façon peut-être encore plus absolue à l'emploi de l'acide carbonique liquide, non seulement dans les armes de guerre, mais encore dans celles qui pourraient se contenter de vitesses initiales plus modestes. C'est la façon dont la tension de ce liquide varie avec la température. Cette tension est en effet de 29 atmosphères à 10° au-dessous de zéro et de 72 à 30° au-dessus. Par suite de cette circonstance, on obtiendrait à — 10° une vitesse qui ne serait pas même les deux tiers de celle atteinte lorsque la température serait de + 30°, si dans le second cas la vitesse était de 150 mètres, elle ne serait pas de 100 mètres dans le premier, et le tireur devrait à chaque instant consulter son thermomètre pour régler sa hausse suivant la température, ce qui ne serait pas très pratique.

Après ce qui précède, inutile de parler de la vapeur d'eau, dont la pression ne saurait dépasser beaucoup 15 ou 20 atmosphères.

On voit donc que le seul agent qui puisse être employé comme moteur dans les armes à feu est un explosif. Mais il est incontestable que malgré les grands progrès réalisés dans ces dernières années, il en reste encore de très importants à faire de ce côté. Pour s'en convaincre, il suffit de remarquer que dans une arme à feu où la pression maxima atteint 1,500 à 2,000 atmosphères, la pression moyenne ne sera en général

que de 600 ou 700 atmosphères, de telle sorte que si avec la poudre actuelle on réalise dans cette arme une vitesse de 450 à 500 mètres, avec une poudre qui maintiendrait la pression constante, on arriverait à une vitesse de 800 à 900 mètres sans que la fatigue de l'arme fût pour cela plus grande.

On doit ajouter toutefois que dans la question des poudres les transformations ne doivent être faites qu'avec une extrême prudence; l'ancienne poudre, en effet, était composée de deux corps simples : le soufre et le charbon, et d'un sel, le salpêtre, doué d'une stabilité parfaite au point de vue balistique, pourvu qu'il fût à l'abri de l'eau. Cette poudre était d'ailleurs non une combinaison, mais un simple mélange, et comme les éléments qui la composaient étaient à la température ordinaire sans aucune action les uns sur les autres, elle se conservait indéfiniment, toujours semblable à elle-même, à tel point qu'en 1870 il existait dans les magasins des poudres datant de la fin du règne de Louis XIV encore propres au service.

Pour les poudres adoptées en dernier lieu, on s'est adressé en général aux produits de la chimie organique, qui présentent un grand choix d'explosifs très puissants, mais n'ayant pas bien souvent la même stabilité.

On sait que certains des produits de la chimie organique, comme par exemple l'acide cyanhydrique, ne peuvent se conserver plus de quelques heures, même dans des tubes scellés à lampe, et que d'autres se tranforment sans changer leur composition centésimale en produits isomères doués de propriétés absolument différentes.

Par suite, si l'on adoptait à la légère comme poudre un explosif organique, qui pourrait donner de très beaux résultats au moment de son adoption, tout en présentant à cet instant une sécurité parfaite pour ceux qui sont appelés à s'en servir, on serait exposé à avoir au bout de quelques années un produit soit dangereux pour ceux qui devraient le manier, soit

beaucoup trop inoffensif pour les adversaires contre lesquels on aurait à l'employer. La prudence est d'autant plus de règle en ces matières que si pour certaines substances la transformation se fait au bout de quelques mois, pour d'autres elle ne se fera qu'au bout de quelques années.

Nous avons maintenant à parler du mouvement du projectile lorsqu'il a quitté la bouche à feu. A partir de ce moment, le projectile se trouve en présence de deux forces : la résistance de l'air et la pesanteur. Avec les vitesses que l'on réalise de nos jours, la résistance de l'air est au sortir de la bouche à feu de beaucoup supérieure à la pesanteur pour les petits calibres; ainsi, pour une balle de 7 millimètres et demi pesant 15 grammes, et qui aurait une vitesse de 600 mètres, cette résistance serait égale à 629 grammes, soit à 42 fois la pesanteur. D'ailleurs, même pour les plus gros calibres, cette résistance est au moins égale à la pesanteur; ainsi, pour le canon de 100 tonnes, dont le projectile pèse 1,000 kilogrammes, cette résistance serait de 1,250 kilogrammes pour une vitesse de 450 mètres.

Nous avons dit qu'une des différences caractéristiques entre les canons anciens et les canons modernes consiste en ce que les premiers étaient à âme lisse, et que les seconds sont au lieu de cela rayés.

Au début, on avait adopté la rayure des canons uniquement pour régulariser le mouvement du projectile dans l'âme et lui assurer un mouvement parfaitement déterminé à sa sortie de la pièce.

Dans les canons à âme lisse, en effet, on était obligé de laisser entre le projectile et l'âme un certain jeu nommé vent; par suite de cette circonstance, à la sortie de l'âme, la direction de la vitesse du projectile ne coïncidait pas exactement avec celle de l'âme de la pièce, et de plus le boulet était animé d'une rotation irrégulière, variable à chaque coup, et qui fai-

sait varier également à chaque coup l'action de l'air et par suite la portée du projectile.

C'est afin de régulariser cette action de l'air sur le projectile que l'on a imaginé l'artillerie rayée, la rayure devant donner à ce projectile, au sortir de la pièce, un mouvement toujours le même et parfaitement déterminé; toutefois, les promoteurs de la nouvelle artillerie étaient bien loin de prévoir tous les avantages que l'on devait retirer de cette transformation.

Ils étaient convaincus, en effet, en se basant sur une interprétation incomplète des lois de la rotation des corps, que le projectile se transporterait dans l'air en conservant son axe toujours parallèle à lui-même, et par suite à la direction de celui de la pièce.

S'il en avait été ainsi, l'action de l'air aurait bien été uniforme, mais le projectile n'aurait eu son axe parallèle à la tangente à la trajectoire que pendant les premiers instants du mouvement, puisque l'axe aurait conservé une direction invariable, tandis que la tangente s'incline de plus en plus, par suite de la courbure de la trajectoire.

Il serait résulté de là qu'au bout de peu de temps ce projectile aurait présenté à l'action de l'air, non plus sa pointe, mais sa partie latérale, de sorte qu'on n'aurait pas gagné grand'chose à son allongement au point de vue de la résistance de l'air, et que de plus, lorsqu'il aurait rencontré un obstacle, ne le rencontrant pas par la pointe, son explosion n'aurait pas été assurée.

Toutefois, lorsqu'on arriva aux expériences, il se produisit un phénomène dont les artilleurs de l'époque furent fort étonnés. Ce phénomène est ce que l'on a appelé la dérivation; il consiste en ce fait, que le projectile au lieu de rester dans le plan vertical passant par la tangente au point de départ, s'en éloigne d'une façon régulière, à gauche ou à

droite, suivant le sens dans lequel le canon est rayé, c'est-à-dire suivant que l'hélice tracée par les rayures sur la surface de l'âme tourne dans un sens ou dans l'autre.

Pendant assez longtemps on a essayé des explications plus ou moins inadmissibles pour rendre compte de ce phénomène, tout en conservant les idées fausses que l'on avait au début sur le mouvement du projectile.

C'est seulement quelques années plus tard, de 1872 à 1875, que l'on est arrivé à connaître la loi exacte du mouvement du projectile, les travaux publiés à cette époque montrèrent que le projectile, au lieu de conserver son axe toujours parallèle à lui-même, ainsi qu'on le croyait jusque-là, se couche sensiblement suivant la tangente à la trajectoire.

Toutefois, cette coïncidence n'est pas complète, et l'axe du projectile fait avec la tangente un angle très petit; de plus, si on considère le plan vertical passant par la tangente, la pointe du projectile se tient constamment à droite ou à gauche de ce plan, suivant le sens dans lequel le canon est rayé, et c'est à ce fait qu'est due la dérivation.

Tant que l'on croyait que l'axe du projectile restait toujours parallèle à lui-même, on ne voyait pas grand avantage à allonger les projectiles, puisque l'on se disait qu'au bout de peu de temps, c'était la partie latérale et non la pointe du projectile qui devait se présenter à l'action de l'air, aussi les premiers projectiles étaient-ils généralement peu allongés. Il n'en a plus été de même dès qu'il a été établi d'une façon positive que le projectile se comportait à peu près comme une flèche et avait son axe toujours sensiblement couché sur la tangente à la trajectoire. On se rendit compte alors de tout l'avantage qu'il y avait à allonger le projectile, puisque par là, pour un poids donné ,on diminuait beaucoup la surface de sa partie antérieure, qui seule est soumise à l'effet de la résistance de l'air. Aussi, les projectiles modernes ont-ils en

moyenne pour un même calibre une longueur à peu près double de celle des premiers projectiles de l'artillerie rayée.

C'est là une des causes les plus considérables de la supériorité de l'artillerie actuelle, il suffit pour s'en rendre compte de se rappeler que la résistance de l'air est au début du mouvement une force bien supérieure à la pesanteur, puisque nous avons dit que pour un fusil de 7 millimètres et demi lançant avec une vitesse de 600 mètres un projectile de 15 grammes, cette force était égale à 42 fois la pesanteur. On conçoit que réduire pour un projectile de poids donné une pareille force, de moitié ou même d'un tiers, c'est augmenter considérablement la portée.

On peut se demander maintenant ce qu'il serait encore possible de faire pour atténuer davantage la résistance de l'air.

On peut évidemment chercher à allonger encore le projectile, mais il y a une limite dans ce sens, d'abord parce qu'il faut conserver un vide intérieur suffisant pour la charge d'éclatement puis parce qu'on doit assurer une stabilité convenable au projectile sur sa trajectoire, et l'on n'est pas fixé d'une façon bien certaine à l'heure présente sur les conditions à remplir pour atteindre ce dernier but.

Toutefois, il serait peut-être possible d'atténuer la résistance de l'air en modifiant la forme de la partie postérieure du projectile.

Pour se rendre compte de ce fait, on doit remarquer que la résistance opposée par l'air au projectile tient à deux causes : d'une part, au choc de l'air sur la partie antérieure et, d'autre part, au vide qui se forme derrière le projectile, vide qui avec les vitesses que l'on réalise à l'heure présente, est presque absolu.

Or, il semble qu'on doit parvenir à atténuer notablement la diminution de pression à l'arrière du projectile, en en modi-

fiant sa forme postérieure comme on diminue par un procédé semblable la résistance opposée par l'eau au mouvement d'un navire en le munissant d'une poupe.

Les expériences tentées dans ce sens n'ont pas donné de résultats jusqu'à ce jour, mais elles semblent avoir été conduites d'une façon peu rationnelle. En effet, de même que dans l'écoulement d'un liquide pour qu'un ajutage produise de l'effet, il faut que ses parois soient mouillées par le liquide ; de même pour que la poupe ajoutée au projectile atténue la diminution de pression à l'arrière, il faut que cette poupe ait été calculée de façon que la veine fluide qui s'écoule le long de ses parois reste toujours en contact avec elles, car sans cela elle ne produira aucun effet. Or, on semble n'avoir tenu aucun compte de ce fait dans les expériences tentées jusqu'à ce jour, et il est à croire que mieux conduites, elles pourraient donner quelques résultats, surtout pour les armes portatives, dont le projectile ne présente pas comme ceux des canons des ceintures ou renflements dont l'influence perturbatrice sur l'écoulement de l'air, ne peut être évitée.

En plus des progrès encore réalisables que nous venons d'indiquer, il y a un nombre considérable de questions à résoudre, et qui le sont toutefois en partie déjà, tant à propos de la détermination du calibre le plus convenable pour chaque but que l'on se propose d'atteindre que, pour la longueur à donner au projectile d'un calibre donné.

En effet, si pour un calibre donné, on augmente la longueur du projectile et par suite son poids, on diminuera par là même la vitesse initiale, en supposant que la pression moyenne dans l'âme reste constante, mais en même temps on atténuera l'action de la résistance de l'air. On conçoit donc que pour chaque calibre et pour une pression moyenne dans l'âme donnée, il y ait une longueur de projectile avec laquelle on peut obtenir la portée maxima.

Cette longueur varie d'ailleurs assez peu, ainsi que la portée maxima correspondante avec le calibre, de sorte que par un choix convenable de la longueur du projectile on pourra avoir des canons de campagne ayant des portées approchant de celles des canons de gros calibres. D'ailleurs, ce dont on aura besoin, ce ne sera pas toujours de la portée maxima, parfois ce sera d'une trajectoire aussi rasante que possible, ou d'une vitesse restante maxima au moment où le projectile arrive au but, et on sera alors conduit, ainsi qu'on commence à le faire, à adopter pour un même canon plusieurs projectiles de longueurs différentes, suivant les services variables qu'on aura à leur demander.

Il me reste pour terminer à dire quelques mots des conditions d'un ordre tout différent, qui doivent guider dans le choix d'une arme portative.

On appelle quantité de mouvement d'un corps le produit de sa masse par sa vitesse ; or, il résulte d'un principe de mécanique que dans une arme à feu, après la déflagration de la charge, la quantité de mouvement de l'arme elle-même est égale à la somme des quantités de mouvement du projectile et de la charge, ou des gaz qui proviennent de sa combustion.

C'est cette quantité de mouvement possédée par l'arme après la déflagration qui produit le phénomène connu sous le nom de recul.

Dans les canons, la vitesse de recul de l'arme est rapidement annulée par les frottements que l'on peut augmenter au besoin au moyen de freins ; elle produit il est vrai aussi des percussions considérables sur l'affût, mais on pourra toujours donner à cet affût une résistance suffisante pour lui permettre de les supporter sans inconvénient.

Lorsqu'il s'agit des armes portatives, il n'en est plus de même, le recul est supporté par le tireur lui-même sur

l'épaule duquel la vitesse du recul produit un choc. Or, le tireur ne peut supporter ce choc que si cette vitesse de recul ne dépasse pas une certaine limite, 2 m. 50 cent. environ. En effet, une vitesse de recul trop forte pourrait au bout de peu de coups blesser le tireur, et de plus, l'appréhension qu'il éprouverait avec une arme dont le recul serait trop considérable enlèverait toute justesse au tir.

La vitesse de recul d'une arme est donc limitée, il en est de même du poids de l'arme, puisque c'est le tireur qui doit la porter, ce poids ne peut dépasser beaucoup 4 kilogrammes. Donc, la quantité de mouvement que peut prendre l'arme se rouve limitée, et en vertu du principe de mécanique que nous venons de rappeler, il en est de même de la somme des quantités de mouvement du projectile et de la charge, après la déflagration de cette dernière.

On voit donc que dans les armes portatives la quantité de mouvement du projectile à sa sortie de l'âme est à très peu chose près fixée à l'avance.

Donc, si on augmente la vitesse initiale de la balle, on devra diminuer sa masse, mais pour qu'avec une masse moindre le projectile ne soit pas influencé davantage, à vitesse égale, par la résistance de l'air, on devra lui donner une forme plus allongée, et par suite diminuer le calibre, ce fait explique les réductions successives qui ont amené le calibre de 17 millimètres et demi à 11 millimètres, puis à 7 millimètres et demi, pendant que d'autre part on augmentait la longueur du projectile.

En effet, pour un projectile dont la forme antérieure reste toujours semblable à elle-même, l'action de la résistance de l'air est à peu de chose près en raison inverse de la longueur du projectile et indépendante de son calibre; de telle sorte que si l'on considère une balle de 30 millimètres de longueur, l'effet de la résistance de l'air sera le même, à

vitesse égale, que cette balle ait un calibre de 11 millimètres ou de 7 millimètres et demi.

Mais la masse étant, à longueur égale, à peu près proportionnelle au carré du calibre, elle sera dans le deuxième cas plus de deux fois moindre que dans le premier, on pourra donc donner au second projectile une vitesse de beaucoup supérieure à celle du premier, tout en maintenant une même valeur par la vitesse de recul et diminuant même le poids de l'arme. On ne peut doubler la vitesse initiale en passant du calibre de 11 millimètres à celui de 7 millimètres et demi, parce que si l'on réduit le poids du projectile à peu de chose près de moitié, la quantité de mouvement de la charge, qui est une fraction notable de celle du projectile, reste la même dans les deux cas.

On peut remarquer de plus qu'en passant du calibre de 11 millimètres à celui de 7 millimètres et demi, on a en réalité augmenté un peu en même temps la longueur de la balle, de sorte que le projectile du nouveau fusil, quoique moins lourd, sera à vitesse égale moins influencé que celui de l'ancien par la résistance de l'air.

J'espère, Messieurs, ne pas avoir trop abusé de votre patience par cet exposé sommaire des principes qui ont présidé à la transformation des armes à feu modernes, et qui doivent guider dans celles qui leur restent encore à subir.

TABLE DES MATIÈRES

PAR NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES CONTENUS DANS LE TOME XXXI

FIN DE LA TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXIe

Lyon, Association typographique, rue de la Barre, 12. — F. PLAN, directeur.

